



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10312208 A**

(43) Date of publication of application: **24.11.98**

(51) Int. Cl

**G05B 19/4093**

**B23P 21/00**

**G06F 17/00**

**// G06F 17/50**

(21) Application number: **09247324**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(22) Date of filing: **11.09.97**

(72) Inventor: **HIRATA MITSUNORI**

(30) Priority: 13.03.97 JP 09 59297

MARUYAMA TSUGIHITO

(54) **DISASSEMBLING ROUTE GENERATOR,  
ASSEMBLING ROUTE GENERATOR AND  
MECHANICAL SYSTEM DESIGN SUPPORT  
SYSTEM**

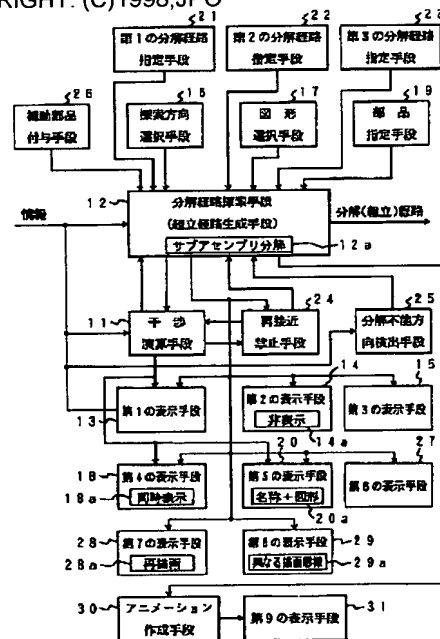
next by the most approaching distance at the point of a present time being in the middle of disassembling and the means 11 executes the arithmetic concerning a state after moving.

(57) Abstract:

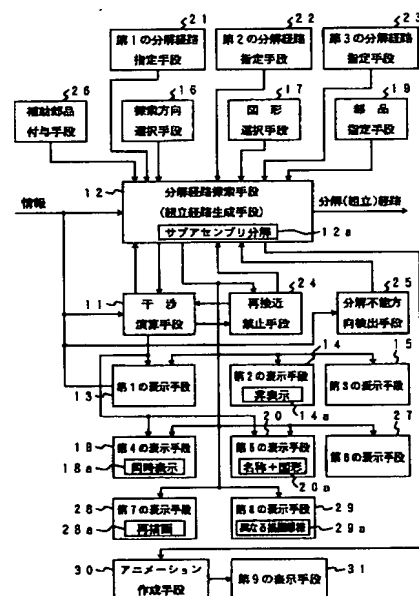
COPYRIGHT: (C)1998,JPO

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make operability satisfactory in an assembling route generator for generating the assembling route of a plurality of parts consisting of a product by searching a disassembling route for disassembling the product consisting of the plurality of parts into the respective parts by simulation and tracing the disassembling route in a reverse direction.

**SOLUTION:** This generator is provided with an interference arithmetic means 11 executing arithmetic including the judgement of a most approaching distance and the generation of interference between a part under disassembling and residual parts in a state in the middle of disassembling the product based on information expressing a plurality of parts and the product obtained by assembling these plurality of parts, and an assembling route searching means 12 searching a disassembling route free from the generation of interference mutually between parts while making the means 11 execute the arithmetic. In this case, the means 12 moves the part in the middle of disassembling to the



(11)特許出願公開番号



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記分解経路探索手段が、分解中の部品を、分解途中である現時点における最接近距離に対応した距離だけ次に移動させて、移動後の状態について前記干渉演算手段に前記演算を実行させるものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項2】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記干渉演算手段が、前記最接近距離が所定距離以下である危険状態の発生の判定を含む演算を実行するものであって、

前記危険状態における、製品の図形もしくは危険状態にまで接近した2つの部品の図形を表示する第1の表示手段を備えたことを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項3】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、前記分解経路探索手段による前記分解経路の探索に際して製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第2の表示手段とを備え、前記第2の表示手段が、干渉の発生を免れて分解することのできた部品を非表示とする手段を含むものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項4】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、前記分解経路探索手段による前記分解経路の探索に際して製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第3の表示手段と、前記分解経路探索手段による分解経路探索方向の順序を、前記第3の表示手段に表示される図形

上の方向で指定する探索方向指定手段と、製品の、複数の視点から見た複数の図形の中から前記第3の表示手段に表示させる1つの図形を選択する図形選択手段とを備え、前記分解経路探索手段が、前記図形選択手段により選択された図形と、前記探索方向指定手段により指定された分解経路探索方向順序とにより定められる順序で分解方向の探索を行なうものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項5】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記分解経路探索手段が、所定の部品の、干渉の発生を免れた分解経路の検出に失敗した場合に、該所定の部品の寸法を所定の縮小率だけ縮小した上で該所定の部品の分解経路の探索を行なうものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項6】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記情報が、複数の部品の形状情報と、これら複数の部品の組立配置情報とを含む部品ツリー構造をあらわす情報であって、前記分解経路探索手段が、部品ツリー構造の端末側に配置された部品ほど早い順序で該部品の分解経路の探索を行なうものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項7】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記情報が、組立配置が一体的に行なわれる1つ以上の部品の組合せからなるサブアセンブリの情報を含むものであって、前記分解経路探索手段が、製品をサブアセンブリ単位で分解する分解経路を探索する手段を含むものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項8】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品

品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、前記分解経路探索手段による前記分解経路の探索に際して製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第4の表示手段とを備え、前記第4の表示手段が、該製品を構成する部品複数について、同時にこれら複数の部品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する手段を含むものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項9】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、前記分解経路探索手段による分解経路の探索を同時に行なわせる複数の部品を指定する部品指定手段とを備えたことを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項10】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、製品を構成する部品の名称の一覧を表示する第5の表示手段とを備え、前記第5の表示手段が、少なくとも一部の部品について、部品の名称とともに該部品をあらわす図形を表示する手段とを含むものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項11】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、部品の分解経路を手動で指定するための第1の分解経路指定手段とを備え、前記分解経路探索手段が、ある部品についての分解経路の検出に失敗した場合に分解経路の探索を中断し、前記第1の分解経路指定手段による該部品の分解経路の指定を受けて、次の部品の分解経路の探索を開始するものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項12】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品

と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、

前記分解経路探索手段が、ある部品についての分解経路の検出に失敗した場合に、該部品を残したまま次の部品の分解経路の探索に移行するものであって、前記分解経路探索手段が分解経路の検出に失敗した部品の分解経路を手動で指定するための第2の分解経路指定手段を備えたことを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項13】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、部品の分解経路を手動で指定するための第3の分解経路指定手段と、前記第3の分解経路指定手段による所定の部品の分解経路の指定中において該所定の部品が、残存する部品から一旦所定距離以上離れた場合に、該所定の部品が残存する部品から所定距離未満の領域に再進入することを禁止する再接近禁止手段とを備えたことを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項14】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記分解経路探索手段が、ある部品についての分解経路の検出に失敗した場合に、該部品を残したまま次の部品の分解経路の探索に移行するものであるとともに、すべての部品についての分解経路の探索が終了した後に残存する部品のうちの複数の部品を、組立てが一体的に行なわれるサブアセンブリと看做して、該サブアセンブリについて分解経路の探索を行なうものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項15】 前記分解経路探索手段が、すべての部品についての分解経路の探索が終了した後に残存する部品のうちの相互に接触する複数の部品をサブアセンブリと看做すものであることを特徴とする請求項14記載の分解経路生成装置。

【請求項16】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演

10

20

30

40

50

算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、分解しようとする部品の分解不能方向を、該部品の分解に先立って検出する分解不能方向検出手段とを備え、前記分解経路探索手段が、前記分解不能方向検出手段により検出された分解不能方向を除く方向について分解経路を探索するものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項17】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記分解経路探索手段が、所定の部品の、干渉の発生を免れた分解経路の検出に失敗した場合に、該部品を干渉が発生した位置に配置し、該位置を始点として再度該部品の分解経路を探索することにより方向を変えて分解することを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項18】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記分解経路探索手段が、分解しようとしている所定の部品と他の部品との間に干渉が発生した場合に、該所定の部品の、干渉が発生した面の寸法を縮めるとともに該面を該所定の部品の内側に移動させた上で、該所定の部品と前記他の部品との間の干渉の発生の有無を調べるものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項19】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記分解経路探索手段が、干渉の発生を免れた分解経路の検出に失敗した部品が複数存在する場合に、これら複数の部品を移動可能な範囲で移動した上で、これら複数の部品について再度分解経路を探索するものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項20】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判

定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、分解しようとする部品に、該部品の分解に先立って分解のための補助部品を付する補助部品付与手段とを備え、前記分解経路探索手段が、分解しようとする部品と該部品に付された補助部品とを一体の部品とみなして該一体の部品について分解経路を探索するものであることを特徴とする分解経路生成装置。

10 【請求項21】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、

20 前記製品を構成する部品の中に関節を有する可動部品が存在する場合において、前記分解経路探索手段が、所定の部品の分解途上で該所定の部品と可動部品との間に干渉が発生した場合に、該所定の部品をさらに移動させるとともに、該可動部品を、該所定の部品の移動量に応じた移動量だけ移動させるものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項22】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、製品を構成する全部品のうち分解中の部品および該部品に対し最近接距離にある部品のみからなる図形を表示する第6の表示手段とを備えたことを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項23】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第7の表示手段とを備え、前記第7の表示手段が、製品を構成する全部品のうち分解中の部品のみ再描画する手段を含むものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項24】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判

定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第8の表示手段とを備え、前記第8の表示手段が、製品を構成する全部品のうち分解中の部品と、該部品を除く他の部品を、異なる描画態様で描画する手段を含むものであることを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項25】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最近接距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段と、前記分解経路探索手段による分解経路の探索に際して分解中の製品の状態をあらわすアニメーションを作成するアニメーション作成手段と、該アニメーション作成手段により作成されたアニメーションを表示する第9の表示手段とを備えたことを特徴とする分解経路生成装置。

【請求項26】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索して干渉の発生を免れた分解経路を求めることにより、該分解経路を逆向きに辿る組立経路を生成する組立経路生成手段とを備え、前記組立経路生成手段が、分解中の部品を、分解途中である現時点における最接近距離に対応した距離だけ次に移動させて、移動後の状態について前記干渉演算手段に前記演算を実行させるものであることを特徴とする組立経路生成装置。

【請求項27】 複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を求めることにより、干渉の発生を免れて組み立てることのできる部品からなる製品の設計を支援する機械系設計支援システムにおいて、前記情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定を含む演算を実行する干渉演算手段と、前記干渉演算手段に前記演算を実行させながら部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段とを備え、前記分解経路探索手段が、分解中の部品を、分解途中である現時点における最接近距離に対応した距離だけ次に移動させて、移動後の状態について前記干渉演算手段に前記演算を実行させるものであることを特徴とする機械系設計支援シ

ステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の部品からなる製品を各部品に分解する分解経路をシミュレーションにより探索する分解経路生成装置、この分解経路生成装置を用い、求められた分解経路を逆向きに辿る組立経路を生成する部品の組立経路生成装置、および、この分解経路生成装置を用い、部品どうしの干渉を生じることなく組み立てることのできる部品からなる製品の設計を支援する機械系設計支援システムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、三次元CADシステムを使用して製品設計を行なうことが多くなってきているが、部品点数の多い複雑な製品の場合、製品を組み立てるための組立操作も複雑となり、熟練者であっても設計段階で他の部品と干渉してしまったり組み立てることが不可能になってしまう事態を見落としてしまう事態が生じる恐れがある。

【0003】ところが、従来の機構設計用CADシステムでは、設計した各部品を、製品が一見組み立てられたかのように任意の位置、姿勢に配置することはできるが、上記のような見落としがないことの確認は、その製品を構成する各部品ないし各部品のモデルを実際に試作して組み立てて見る必要がある。このような背景から、実際に試作することなく、設計した製品が実際に組立可能、分解可能であるか否かをシミュレートすることのできる自動組立経路生成システムの構築が望まれている。

【0004】シミュレーションによって組立が可能であるか否かを検証するシステムは、未だ実用段階にはなく、研究が行なわれている段階であるが、一般的には、三次元CADシステムを用いて設計された部品および部品の組立配置に関する情報を基に、組み立てた後の製品の状態から出発し、干渉（部品どうしの接触）の発生しない分解経路を探索し、そのような干渉の発生のない分解経路を、その分解経路を逆方向に辿る組立経路とする手法が採用されている（「GEOMETRIC REASONING ABOUT MECHANICAL ASSEMBLY, Randall H. Wilson, Jean-Claude Latombe, Stanford University, Artificial Intelligence 71(2), Dec 1994」, 「AN EFFICIENT SYSTEM FOR GEOMETRIC ASSEMBLY SEQUENCE GENERATION AND EVALUATION, Bruce Romney, Stanford University, Proc. 1995 ASME, Intl Computers in Engineering Conf., pp. 699-712 参照）。

【0005】また、干渉チェックを行い、干渉の発生の有無や、部品どうしの最接近距離を求める方法は、特開平7-134735号公報、特開平8-77210号公報、特開平9-27046号公報等に提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このようにシミュレーションにより組立経路を生成するための研究がなされているが、そのような組立経路を生成する装置を実際に構築しようとする場合、いかにして操作者の意思を受け取りながら高速なシミュレーションを実行し、シミュレーションの結果をいかにして操作者にわかりやすい形で提示するかが問題となる。

【0007】本発明は、上記事情に鑑み、使い勝手の良い分解経路生成装置、組立経路生成装置、および機械系設計支援システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】図1は、本発明の原理説明図である。本発明の分解経路生成装置は、複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、その製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段11と、干渉演算手段11に上記演算を実行させながら、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段12とを備え、干渉の発生を免れた分解経路を求める、という基本構成を有する分解経路生成装置に関するものである。

【0009】上記基本構成を有する本発明の分解経路生成装置のうちの、本発明の第1の分解経路生成装置は、分解経路探索手段12が、分解中の部品を、分解途中である現時点における最接近距離に対応した距離だけ次に移動させて、移動後の状態について干渉演算手段11に上記演算を実行させるものであることを特徴とする。また、本発明の第2の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、干渉演算手段11が、最接近距離が所定距離以下である危険状態の発生の判定を含む演算を実行するものであって、上記危険状態における、製品の図形もしくは危険状態にまで接近した2つの部品の図形を表示する第1の表示手段13を備えたことを特徴とする。

【0010】また、本発明の第3の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに分解経路探索手段12による分解経路の探索に際して製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第2の表示手段14を備え、その第2の表示手段14が、干渉の発生を免れて分解することのできた部品を非表示とする手段14aを含むものであることを特徴とする。

【0011】また、本発明の第4の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、分解経路探索手段12による分解経路の探索に際して製品の分解途中の状態

をあらわす図形を表示する第3の表示手段15と、分解経路探索手段12による分解経路探索方向の順序を、第3の表示手段15に表示される図形上の方角で指定する探索方向指定手段16と、製品の、複数の視点から見た複数の図形の中から第3の表示手段15に表示させる1つの図形を選択する図形選択手段17とを備え、分解経路探索手段12が、図形選択手段17により選択された図形と、探索方向指定手段16により指定された分解経路探索方向順序とにより定められる順序で分解方向の探索を行なうものであることを特徴とする。

【0012】また、本発明の第5の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに分解経路探索手段12が、所定の部品の、干渉の発生を免れた分解経路の検出に失敗した場合に、その所定の部品の寸法を所定の縮小率だけ縮小した上でその所定の部品の分解経路の探索を行なうものであることを特徴とする。また、本発明の第6の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、上記情報が、複数の部品の形状情報と、これら複数の部品の組立配置情報とを含む部品ツリー構造をあらわす情報であって、分解経路探索手段12が、部品ツリー構造の端末側に配置された部品ほど早い順序で部品の分解経路の探索を行なうものであることを特徴とする。

【0013】また、本発明の第7の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、上記情報が、組立配置が一体的に行なわれる1つ以上の部品の組合せからなるサブアセンブリの情報を含むものであって、分解経路探索手段12が、製品をサブアセンブリ単位で分解する分解経路を探索する手段12aを含むものであることを特徴とする。

【0014】また、本発明の第8の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、分解経路探索手段12による分解経路の探索に際して製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第4の表示手段18を備え、その第4の表示手段18が、その製品を構成する複数の部品について同時に、それら複数の部品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する手段18aを含むものであることを特徴とする。

【0015】また、本発明の第9の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、分解経路探索手段12による分解経路の探索を同時に行なわせる複数の部品を指定する部品指定手段19を備えたことを特徴とする。また、本発明の第10の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、製品を構成する部品の名称の一覧を表示する第5の表示手段20を備え、その第5の表示手段20が、少なくとも一部の部品について、部品の名称とともにその部品をあらわす図形を表示する手段20aとを含むものであることを特徴とする。

【0016】また、本発明の第11の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、部品の分解経路を手動で指定するための第1の分解経路指定手段21を備

え、分解経路探索手段 12 が、ある部品についての分解経路の検出に失敗した場合に分解経路の探索を中断し、第 1 の分解経路指定手段 21 によるその部品の分解経路の指定を受けて、次の部品の分解経路の探索を開始するものであることを特徴とする。

【0017】本発明の第 12 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、分解経路探索手段 12 が、ある部品についての分解経路の検出に失敗した場合に、その部品を残したまま次の部品の分解経路の探索に移行するものであって、分解経路探索手段 12 が分解経路の検出に失敗した部品の分解経路を手動で指定するための第 2 の分解経路指定手段を備えたことを特徴とする。

【0018】さらに、本発明の第 13 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、部品の分解経路を手動で指定するための第 3 の分解経路指定手段 23 と、その第 3 の分解経路指定手段 23 による所定の部品の分解経路の指定中において該所定の部品が残存する部品から一旦所定距離以上離れた場合に、その所定の部品が、残存する部品から所定距離未満の領域に再進入することを禁止する再接近禁止手段 24 とを備えたことを特徴とする。

【0019】さらに、本発明の第 14 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、分解経路探索手段 12 が、ある部品についての分解経路の検出に失敗した場合に、その部品を残したまま次の部品の分解経路の探索に移行するものであるとともに、すべての部品についての分解経路の探索が終了した後に残存する部品のうちの複数の部品を、組立てが一体的に行なわれるサブアセンブリと看做して、そのサブアセンブリについて分解経路の探索を行なうものであることを特徴とする。

【0020】ここで、上記第 14 の分解経路生成装置は、分解経路探索手段 12 が、すべての部品についての分解経路の探索が終了した後に残存する部品のうちの相互に接触する複数の部品をサブアセンブリと看做すものであることが好ましい。本発明の第 15 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、分解しようとする部品の分解不能方向を、その部品の分解に先立って検出する分解不能方向検出手段 25 を備え、分解経路探索手段 12 が、その分解不能方向検出手段 25 により検出された分解不能方向を除く方向について分解経路を探索するものであることを特徴とする。

【0021】本発明の第 16 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、分解経路探索手段 12 が、所定の部品の、干渉の発生を免れた分解経路の検出に失敗した場合に、その部品を干渉が発生した位置に配置し、その位置を始点として再度その部品の分解経路を探索することにより方向を変えて分解することを特徴とする。

【0022】本発明の第 17 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、分解経路探索手段 12 が、分解しようとしている所定の部品と他の部品との間に干渉が発生

した場合に、その所定の部品の、干渉が発生した面の寸法を縮めるとともにその面をその所定の部品の内側に移動させた上で、その所定の部品と上記他の部品との間の干渉の発生の有無を調べるものであることを特徴とする。

【0023】ここで、「面」は、部品のある 1 つの平面全域を 1 つの面としてもよいが、ここにいう「面」は、そのみに限られるものではなく、例えば 1 つの平面であっても複数のポリゴンの集合の形で定義されている場合はそのポリゴン 1 つずつが 1 つの面として観念される。さらに、本発明の第 18 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、分解経路探索手段 12 が、干渉の発生を免れた分解経路の検出に失敗した部品が複数存在する場合に、これら複数の部品を移動可能な範囲で移動した上で、これら複数の部品について再度分解経路を探索するものであることを特徴とする。

【0024】本発明の第 19 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、分解しようとする部品に、その部品の分解に先立って分解のための補助部品を付する補助部品付与手段 26 を備え、分解経路探索手段 12 が、分解しようとする部品とその部品に付された補助部品とを一体の部品とみなしてその一体の部品について分解経路を探索するものであることを特徴とする。

【0025】本発明の第 20 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、上記製品を構成する部品の中に関節を有する可動部品が存在する場合において、分解経路探索手段 12 が、所定の部品の分解途上で該所定の部品と可動部品との間に干渉が発生した場合に、その所定の部品をさらに移動させるとともに、該可動部品を、その所定の部品の移動量に応じた移動量だけ移動させるものであることを特徴とする。

【0026】ここで、可動部品を移動させるにあたっては、上記所定の部品を移動させ可動部品との干渉が発生した場合に、その所定の部品は移動後の位置においたまま、可動部品を、その所定の部品の移動量に応じた移動量だけ移動させてもよく、上記所定の部品を移動させて可動部品との干渉が発生した場合に、その所定の部品を一旦戻しておいて、可動部品の方を所定の移動量だけ移動させ、その所定の部品と可動部品との最近接距離を求め、その所定の部品を、あらためて、その最近接距離だけ移動させてもよい。

【0027】本発明の第 21 の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、製品を構成する全部品のうち分解中の部品およびその部品に対し最近接距離にある部品のみからなる図形を表示する第 6 の表示手段 27 を備えたことを特徴とする。本発明の第 22 の分解経路生成装置は、上記構成を有し、さらに、製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第 7 の表示手段 28 を備え、その第 7 の表示手段 28 が、製品を構成する全部品のうち分解中の部品のみ再描画する手段 28a を含むも



のであることを特徴とする。ここで、本発明の第22の分解経路生成装置において、分解中の部品の描画手法と、分解中の部品以外の部品の描画手法は同一であっても異なってもよく、例えば双方とも三次元コンピュータグラフィックス描画であって、分解中の部品以外の部品は一度描画したらそのままにしておき、分解中の部品のみその移動に従って再描画してもよく、あるいは、分解中の部品以外の部品は二次元の各画素に対応するデータを持つイメージとして表示しておき、分解中の部品のみ三次元コンピュータグラフィックスで、その移動に従って再描画してもよい。

【0028】また、再描画にあたり、それ以前に表示されていた分解中の部品の図形を消去してから再描画してもよく、消去せずに重ねがきしてもよい。さらに、本発明の第23の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、製品の分解途中の状態をあらわす図形を表示する第8の表示手段29を備え、その第8の表示手段29が、製品を構成する全部品のうち、分解中の部品と、その部品を除く他の部品を、異なる描画態様で描画する手段29aを含むものであることを特徴とする。

【0029】異なる描画態様としては、例えば、分解中の部品のみ、高画質の描画態様（例えばOpen GL等）、他の部品は、分解中の部品と比べ画質の劣る、ただし高速の描画態様（例えばDirect 3D等）という区別であってもよく、あるいは、分解中の部品のみシェーディング（部品の面を塗りつぶす）描画、他の部品は線画という区別であってもよく、あるいは、分解中の部品のみ三次元コンピュータグラフィック描画、他の部品はイメージ描画という区別であってもよい。

【0030】さらに、本発明の第24の分解経路生成装置は、上記基本構成を有し、さらに、分解経路探索手段12による分解経路の探索に際して分解中の製品の状態をあらわすアニメーションを作成するアニメーション作成手段30と、そのアニメーション作成手段30により作成されたアニメーションを表示する第9の表示手段31とを備えたことを特徴とする。

【0031】尚、第1～第9の表示手段13、14、15、18、20、27、28、29、31は機能により分けたものであり、上記本発明の第1～第24の分解経路生成装置のうちの複数の分解経路生成装置の特徴を兼ね備えた1つの装置を構成する場合、それら第1～第9の表示手段13、14、15、18、20、27、28、29、31は別々に備える必要はなく、ハードウェア上は1つの表示部（例えば図2に示す1つのCRT表示部104）であってもよい。また、これと同様に、第1～第3の分解経路指定手段21～23、さらには、それら第1～第3の分解経路指定手段21～23に加え、探索方向選択手段16、図形選択手段17、部品選択手段19、および補助部品付与手段26もハードウェア上は1つの操作子等（例えば図2に示すキーボード101

ないしマウス103）で構成してもよい。

【0032】また、本発明の組立経路生成装置は、本発明の分解経路生成装置における分解経路探索手段12に代えて、この分解経路探索手段12の機能をそのまま含み、さらに部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を逆向きに辿る組立て経路を生成する組立経路生成手段を備えたものである。他の構成要件は、本発明の分解経路生成装置と同一である。以下、分解経路探索手段12に代えて組立経路生成手段を備えたこと以外の、上述した第1～第24の各分解経路生成装置の構成要件をそのまま含む組立経路生成装置を、第1～第24の各分解経路生成装置それぞれに対応づけて、第1～第24の組立経路生成装置と称する。

【0033】例えば、本発明の第1の組立経路生成装置は本発明の第1の分解経路生成装置と対応づけられ、本発明の第1の組立経路生成装置は、複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、該製品を分解している途中の状態における、分解中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段11と、干渉演算手段11に上記演算を実行させながら部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索して干渉の発生を免れた分解経路を求めることにより、その求められた分解経路を逆向きに辿る組立経路を生成する組立経路生成手段12とを備え、この組立経路生成手段12が、分解中の部品を、分解途中である現時点における最接近距離に対応した距離だけ次に移動させて、移動後の状態について干渉演算手段11に上記演算を実行させるものであることを特徴とする。

【0034】本発明の第2～第24の組立経路生成装置についても同様である。また、本発明の機械系設計支援システムは、本発明の分解経路生成装置をそのまま包含し、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を求めることにより、干渉の発生を免れて組み立てることのできる部品からなる製品の設計を支援するシステムである。具体的な構成要件は本発明の分解経路生成装置と同一である。以下、上述した第1～第24の各分解経路生成装置の構成要件をそのまま含む機械系設計支援システムを、第1～第24の各分解経路生成装置それぞれに対応づけて、第1～第24の機械系設計支援システムと称する。

【0035】例えば、本発明の第1の機械系設計支援システムは本発明の第1の分解経路生成装置と対応づけられ、本発明の第1の機械系設計支援システムは、複数の部品およびこれら複数の部品が組み立てられてなる製品をあらわす情報に基づいて、部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を求めることにより、干渉の発生を免れて組み立てることのできる部品からなる製品の設計を支援する機械系設計支援システムにおいて、上記情報に基づいて、製品を分解している途中の状態における、分解

中の部品と残存する部品との間の、最接近距離と干渉の発生の判定とを含む演算を実行する干渉演算手段11と、干渉演算手段11に上記演算を実行させながら部品どうしの干渉の発生を免れた分解経路を探索する分解経路探索手段12とを備え、分解経路探索手段12が、分解中の部品を、分解途中である現時点における最接近距離に対応した距離だけ次に移動させて、移動後の状態について干渉演算手段11に上記演算を実行させるものであることを特徴とする。

【0036】本発明の第2～第24の機械系設計支援システムについても同様である。尚、本発明の分解経路生成装置と、本発明の組立経路生成装置との相違点は、分解経路を求めるか、あるいは求めた分解経路を逆に辿る組立経路を生成するかという、ほとんど表現上の相違に過ぎず、また、本発明の機械系設計支援システムも分解経路を求めることで製品の設計を支援するという、これもほとんど表現上の相違に過ぎず、したがって、以下、分解経路生成装置と、組立経路生成装置と、さらに機械系設計支援システムとを特に区別せずにいずれかの名称で他を代表させるものとする。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。ここでは、先ず本発明の第1～第24の組立経路生成装置に共通の構成について説明し、ついで組立経路生成装置それぞれに特徴的な構成部分について説明する。図2は、本発明の第1～第24の組立経路生成装置の各実施形態を内包した組立経路生成装置の外観図である。

【0038】この図2に示すように、この組立経路生成装置1はコンピュータシステムで構成されており、CPUが内蔵された本体部101、キーボード102、マウス103、およびCRT表示部104が備えられている。本体部101には、CPUのほか、フロッピーディスクが装填され、フロッピーディスクに記録されたデータを読み込んだり、フロッピーディスクにデータを記録したりするフロッピーディスクドライブ装置、大容量のデータを保存しておく磁気ディスク装置等も内蔵されている。

【0039】本実施形態では、図示しない三次元CADシステムを使って設計した組立経路解析用製品を構成する各部品の三次元形状を表わすデータと、それら複数の部品の組立配置の位置や姿勢を表わす組立配置データと、さらには、必要に応じて、組立配置が一体的に行なわれる部品の組合せからなるサブアセンブリを表わすデータが、三次元CAD側でフロッピーディスクにダウンロードされ、そのフロッピーディスクがこの図2に示す組立経路生成装置100に装填され、そのフロッピーディスクから必要なデータが読み込まれる。

【0040】尚、三次元CADシステムとこの組立経路生成装置100は通信ラインで接続されていて、三次元

CADシステムからその通信ラインを経由して入力されたデータを、この組立経路生成装置100に内蔵された磁気ディスク装置に格納してもよく、あるいはこの組立経路生成装置100に三次元CADシステムが組み込まれていてもよい。

【0041】図2に示すCRT表示部104には、種々の画面が開かれるが、そのうちの主な画面として、後に参照されるいくつかの図面に示されるように、分解前および分解途中の製品の三次元形状をあらわすグラフィックス画面、およびそのグラフィックス画面に重畳された形で開かれる、各種のメニュー画面や製品を構成する複数の部品の分解組立系統を表わす部品ツリー構造画面等が存在する。

【0042】図3は、図1に示す干渉演算手段13の演算内容の説明のためのグラフィックス画面の一例を示す図である。但し、この図3や、後に参照する、各図面においては、画面を構成する図形のみでなく、説明のための図、文章、記号等も同時に示されている。例えば、図3においては、各部品をあらわすA、B、Cの文字、

「移動方向」の文字、移動方向をあらわす矢印、「P：干渉点」の文字、「最接近距離 $D_s$ 」の文字は、説明のために示されたものであり、CRT表示部104（図2参照）には表示されないものである。以下、後に参照する各図においてどれが説明のための図、文字、記号等であるかの説明は省略する。ここでは、「製品」は図示のような3つの部品A、B、Cから構成されており、部品Aが図示の移動方向に移動したものとす。このとき、干渉演算手段11では、図3(a)に示すように、部品どうしの干渉（接触）の発生の有無の判定の演算および図3(b)に示すように、部品間の最も近い最接近距離の演算が行なわれる。これら干渉の有無の判定と最接近距離の演算には、例えば特願平8-127438号にて提案された演算アルゴリズムが好適に採用される。

【0043】図4は、分解経路と組立経路との関係を説明するためのグラフィックス画面の一例を示す図である。図4(a)は、3つの部品A、B、Cからなる製品が組立られた状態を示すグラフィックス画面例を示しており、この状態から、親部品Cを残し、先ず、部品Aを微小距離 $d$ だけ動かしては干渉の有無がチェックされ、これを繰り返すことにより、干渉が発生しなければ部品Aが部品Cから十分遠くに離れた状態にまで移動される。次に部品Bについても同様に親部品Cから十分離れた状態にまで移動され、図4(b)に示すように3つの部品A、B、Cが互いにばらばらに離れた状態となる。親部品Cを基準としたときの部品A、Bの分解経路が確定すると、それら部品A、Bの分解経路を逆に辿ることによりばらばらな部品A、B、Cを組立てて製品を完成させることができる。本実施形態では、このように、干渉の発生のない分解経路が探索され、そのような干渉の発生のない分解経路を逆に辿る経路がすなわち干渉の発

生のない組立経路であると認識される。

【0044】本実施形態では、分解経路を探索するにあたり、部品を任意の方向に少しだけ移動してみて干渉チェックを行ない、干渉の発生がなければさらに少しだけ移動してみて干渉チェックを行なうという、いわゆる“Generate and Test”方式が適用されている。図5は、本実施形態の分解方向探索の基本の手順を示すフローチャートである。

【0045】先ず、分解しようとする部品を選択する部品選択ルーチン100が実行され、次いで、その選択された部品について自動分解経路生成ルーチン200が実行される。この自動分解経路生成ルーチン200においては、先ず、その選択された部品の分解方向が設定される(ステップ200\_1)。ここでは、分解方向の探索は、+Z方向、-Z方向、+Y方向、-Y方向、+X方向、-X方向の順に行なうように、あらかじめ指定されているものとする(ステップ200\_10のブロック参照)。

【0046】ステップ200\_2では、選択されている部品が、現在指定されている分解方向(ここでは+Z方向)に微小移動量 $d$ だけ微小移動され、ステップ200\_3に進んで干渉チェック(干渉の発生の有無の判定)が行なわれる。干渉の発生がなければ(ステップ200\_4)、ステップ200\_5に進み、現在分解中の部品についての、製品として組み立てられた状態からの累積の移動距離 $D$ がある一定距離 $D_c$ 以上であるか否かが求められ、 $D < D_c$ のときは、ステップ200\_2に戻り、その部品がさらに微小移動量 $d$ だけ移動される。これを繰り返しステップ200\_5において $D \geq D_c$ であると判定されると、すなわち、その部品が十分な遠方まで分解されたと判定されると、ステップ200\_6に進み、その部品についての、干渉の発生がなかった分解経路が記録され、部品選択ルーチン100に戻り、未だ分解されていない部品があれば未分解の部品の中の1つの部分が次の分解対象の部品として選択される。

【0047】図6は、微小移動量 $d$ 、移動距離 $D$ 、および最接近距離 $D_s$ の説明図である。図6(2)、(3)には解り易さのため二次元的な図形を示す。ここでは、部品Aを、図6(b)に示す移動前の状態から図6の上方に微小移動量 $d$ ずつ移動し、図6(c)に示す移動途中の状態に至ったものとする。このときの、図6(b)に示す移動前の状態からの微小移動量 $d$ の累積値 $\Sigma d$ が移動距離 $D$ である。これに対し最接近距離 $D_s$ は、移動途中の部品(ここでは部品A)と残存する部品(ここでは部品Bと部品C)との間の、互いに最も接近した最近接点どうしの間の距離(ここでは部品Aと部品Bとの間の距離)である。

【0048】図5に戻って説明を続行する。ステップ200\_4において干渉の発生があったことが判定されると、ステップ200\_7に進み、その部品について既に

あらゆる方向への分解が試みられたか否か、すなわち、現在設定されている分解方向が最終の-X方向であるか否かが判定され、現在-X方向に分解を試みていたのであれば、ステップ200\_8に進み、分解不可能であることをシステムに通知して、部品選択ルーチン100に戻る。分解不可能であることが通知されたシステム側の対応についての説明は後にまわす。

【0049】ステップ200\_7で、現在設定されている分解方向が、最終の分解方向である-X方向ではないと判定された場合、ステップ200\_9に進んで現在分解中であった部品を元の組立て位置に戻し、ステップ200\_10において分解方向が変更され、ステップ200\_2に戻って、変更された新たな分解方向についてその部品が微小移動量 $d$ だけ移動される。以下同様にして分解経路の探索が行なわれる。

【0050】以上の、分解経路探索を行なっている間、図2に示すCRT表示部104には、分解対象の製品の、分解途中の状態をあらわす、例えば図6(a)に示すようなグラフィックス画面が表示される。図7は、自動分解経路生成設定メニュー画面の一例を示した図である。このメニュー画面は、図2に示すマウス103を操作して、図示しないメインメニューの、対応するアイコンをクリックすることにより、CRT表示部104に表示される。

【0051】この自動分解経路生成設定メニュー画面には、「レベル」、「分解方向探索順序」、「メッセージ」、「実行ボタン」が表示されている。「レベル」は、分解対象としている製品を個々の部品にまで完全に分解するか、それとも1つ以上の部品が組み立てられたサブアセンブリの段階にまで分解するかを設定する欄であり、デフォルト値は、個々の部品にまで完全に分解することを指示する「部品」に設定されている。「分解方向探索順序」は、図2に示すCRT表示部104の表示画面上でどの方向から順に分解方向の探索を行なうかを指定する欄であり、この図7に示す例では「垂直」(上下方向)、「水平」(左右方向)、「奥行き」(画面に垂直な方向)の順が指定されている。

【0052】「メッセージ」は、分解経路探索前は表示されず、分解経路探索後に、そのときの状態に応じたメッセージが表示される欄であり、この図7に示す例では、分解経路探索が行なわれた結果、部品3、部品6、部品8が自動分解できなかったことが表示されている。

「実行ボタン」は、「レベル」もしくは「分解方向探索順序」を変更したときにクリックされるアイコンであり、この実行ボタンのクリックにより、「レベル」もしくは「分解方向探索順序」の変更が確定する。

【0053】図8は、経路記録操作メニュー画面の一例を示した図である。このメニュー画面も、図2に示すマウス103を操作して、図示しないメインメニューの、対応するアイコンをクリックすることにより、CRT表

示部104に表示される。製品として組み立てられた組立状態をあらわす初期位置と、分解が完了した分解状態をあらわす最終位置との間をカーソル211が移動する。そのカーソル211の移動は、一時停止ボタン221、巻戻しボタン231、逆再生ボタン241、停止ボタン251、再生ボタン261、および早送りボタン271をマウス103でクリックすることにより行なわれる。

【0054】一時停止ボタン221をクリックすると、そのときに移動中のカーソル211の動きが一時的に停止され、一時停止ボタン221が再度クリックされると、カーソル211は、その一時停止ボタン221が1回目にクリックされる直前の移動を再開する。巻戻しボタン231は、カーソル211を瞬時に初期位置に移動させるボタンである。逆再生ボタン241は、カーソル211を、最終位置側から初期位置側へと所定のゆっくりとした速度で移動させるボタンである。停止ボタン251は移動中のカーソル211の移動を停止させるボタンである。停止ボタン251をクリックすると、一時停止ボタン221とは異なり、停止ボタン251を再度押してもカーソル211は停止したままの状態にとどまる。再生ボタン261は、カーソル211を、初期位置側から最終位置側へと所定のゆっくりとした速度で移動させるボタンである。さらに、早送りボタン271は、カーソル211を、瞬時に最終位置に移動させるボタンである。

【0055】例えば、この図8に示すメニュー画面と同時に表示されているグラフィックス画面上で所望の部品をクリックすることにより部品を指定し、次いでこの図8に示すメニュー画面上でカーソル211を所望の位置に移動させると、その指定された部品がそのカーソル211が移動された位置に対応する位置まで分解された状態のグラフィックス画面が表示される。例えば、図6に示す部品A、B、C、からなる製品について部品Aを指定し、カーソル211を適当な位置に動かすと、図6(a)に示すような、部品Aがカーソル211の移動位置に対応する位置まで移動したグラフィックス画面が表示される。このようにして、部品の指定とカーソル211の移動とにより、製品の分解もしくは組立ての過程における任意の途中状態を再現することができる。

【0056】図9は、本実施形態における、本発明の第1の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。部品Aが微小移動量 $d$ ずつ図の上方に移動され、その結果現時点における最接近距離が図9(a)に示す $D_2$ であったとする。このとき、部品Aの次の移動量 $d = d_3$ が $d_3 = D_2$ に設定され、部品Aが $D_2$ だけ移動されて干渉チェックが行なわれ、最接近距離 $D_3$ が求められる。干渉が発生していなければ、次には、部品Aの移動距離 $d = d_4$ として $d_4 = D_3$ が設定される。

【0057】このように、分解中の部品を、分解途中で

ある現時点における最接近距離と同じ距離だけ次に移動させ、移動後の状態について干渉チェックを行なうようにすることにより、分解中の部品が残存する部品から遠く離れるに従って一回のステップの移動量が増し、単に同一の移動量ずつ移動させる場合と比べ高速の分解経路探索が可能となる。

【0058】図10は、図9に示す特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。図5に示す基本的なルーチンのフローチャートとの相違点について説明する。この図10に示すフローチャートには、図5に示すフローチャートに比べ、ステップ200\_11とステップ200\_12が追加されている。ステップ200\_11では最接近距離 $D_s$ の計算が行なわれ、ステップ200\_12では部品の移動量 $d$ として $d = D_s$ が設定される。

【0059】次に、本実施形態における、本発明の第2の組立経路生成装置の特徴について説明する。図11は、図7に示す自動分解経路設定メニュー画面に代えて採用される操作メニュー画面を示した図である。図7に示すメニュー画面との相違点について説明する。

【0060】この図11に示すメニュー画面には、図7に示すメニュー画面と比べ「危険距離」が追加されている。この危険距離は、ある部品を分解していて、その部品は他の部品とは干渉はしないものの、他の部品に近づき過ぎ、実際の組立作業の際に接触する危険を有すると判定される距離である。図11に示す例では、「危険距離」として0.1mが設定されており、分解経路探索の際に分解中の部品と他の部品との最接近距離が0.1m以上か否かがモニタされる。

【0061】図12は、図8と同様の、経路記録操作メニュー画面の例を示した図である。この図12に示すメニュー画面には、図8に示すメニュー画面との相違点として、初期位置と最終位置との途中に赤色で経路警告表示が示されている。この経路警告表示は分解経路探索が終了すると、この操作メニュー上に表示される。この経路警告表示は、分解中の部品が、その警告表示位置に対応する分解経路途中で、他の部品に、危険距離（ここでは0.1m）以内に接近したことを意味している。

【0062】分解経路探索終了後、逆再生ボタン241ないし再生ボタン261を押してカーソル211を移動させると、カーソル211が経路警告表示の位置に達する度にそのカーソル211に対応する状態のグラフィックス画面が表示され、オペレータにその状態を視覚的に伝達する。図13は、このときのグラフィックス画面の表示順序の説明図である。

【0063】ここでは、カーソル211の、経路警告表示の存在しない位置に対応するグラフィックス画面は表示されず、図13に示すように、経路警告表示が行なわれた危険状態のグラフィックス画面のみが順次切り換わるように表示される。このように危険状態のみ表示する

ことにより、高速な描画が可能となり、かつオペレータに危険状態を強く印象づけることができる。

【0064】図14は、危険状態のグラフィックス画面を表示する際の表示態様を示す図である。図14(a)は、危険状態にある2つの部品だけでなく、そのときの分解状態にある全ての部品が表示されており、図14(b)は危険状態にある2つの部品のみが表示されている。

【0065】図14(a)は、危険状態における分解状態の全体の把握に適しており、図14(b)は一層の高速描画、および危険状態のオペレータへの一層強い印象づけに適している。図15は、本発明の第2の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンのうちの、図5に示す基本的なルーチンに追加される部分のフローチャートである。

【0066】図5に示す干渉発生の有無の判定を行なうステップ200\_4において干渉の発生がない旨判定されると、ステップ200\_5には直接には進まずに、図15に示すステップ200\_11に進み、最接近距離 $D_s$ の計算が行なわれ、ステップ200\_13において、最接近距離 $D_s$ が図11に示す「危険距離」で設定された危険状態にあるか否かのしきい値である一定距離 $D_d$ と比較され、 $D_s > D_d$ のときは直接に、 $D_s \leq D_d$ のときはステップ200\_14に進んで危険状態であることを記録した上で、図5にも示すステップ200\_5に進む。

【0067】ステップ200\_14で記録された事項は、前述したように、図12に示す経路記録操作メニュー画面に反映される。次に、本実施形態における、本発明の第3の組立経路生成装置の特徴について説明する。図16は、本発明の第3の組立経路生成装置の特徴を説明するためのグラフィックス画面例を示す図である。

【0068】ここでは、図16(a)に示すように部品Aが所定距離だけ分解されると、図16(b)に示すように部品Aがそのグラフィックス画面から消し去られ、次いで、今度は、図16(c)に示すように、部品Bが所定距離だけ分解されると、図16(d)に示すように部品Bがそのグラフィックス画面から消し去られる。逆に、組立を行なうときは、図16(d)の状態から出発し、図16(c)に示すように親部品Cから離れた位置に部品Bが現れ、図16(b)に示すようにその部品Bが組み立てられ、さらに図16(a)に示すように部品Aが現れ、その部品Aが組み立てられる。

【0069】このように、分解の終了した部品を非表示とすることにより、グラフィック画面の描画速度が速められ、また、分解の終了した部品を干渉チェックの対象から外すこともでき、演算速度も速められ、さらに、無用の部品が表示されていない、見やすい画面が提供される。図17は、本発明の第3の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンの内の、図5に示す基本的

なルーチンに追加される部品のフローチャートである。

【0070】ステップ200\_5で移動距離 $D$ が一定距離 $D_s$ 以上であると判定されると、ステップ200\_15に進んで現在分解中の部品の表示が消去された後、ステップ200\_6に進んで分解経路が記録される。次に本実施形態における、本発明の第4の組立経路生成装置の特徴について説明する。

【0071】図18は、部品や製品の形状を表わすデータの基準座標系を元に分解方向の探索順序を定めた場合に生じる問題点を説明するためのグラフィックス画面例を示した図である。図18に基準座標系を示すように、この図18に示すグラフィックス画面の奥行き方向が+Z方向、左から右に向かう方向が+Y方向、下向き方向が+X方向であるとし、分解方向探索の順序がその基準座標系に基づいて、+Z方向、-Z方向、+Y方向、-Y方向、+X方向、-X方向の順であるとする。その場合、図18に示すように、+Z方向に分解することが可能な部品は全て+Z方向、すなわちこのグラフィックス画面の奥側に移動することになり、部品が重なったりして見にくい画面となる恐れがある。

【0072】図19は、この問題点を改善した、本実施形態における、本発明の第4の組立経路生成装置の特徴の説明のためのグラフィックス画面を示した図である。ここでは、基準座標系とは無関係に、そのグラフィックス画面上で「垂直方向」、「水平方向」、「奥行き」の順序で分解方向の探索順序が定められる。図2に示すCRT表示部104に、例えば複数の視点それぞれから見た複数のグラフィックス画面を表示しておき、図2に示すマウス103のカーソルを、それら表示された複数のグラフィックス画面のうちの所望の1つに移動させてマウス103をクリックすると、そのグラフィックス画面が選択され、分解経路探索方向が、以下に例示するように、そのグラフィックス画面上での垂直な方向、水平な方向、奥行き方向の順に決定される。

【0073】図20は、選択されたグラフィックス画面の一例を示す図、図21は、分解方向探索の順序決定ルーチンのフローチャートである。選択されたグラフィックス画面の基準座標系が、図20に示すように、垂直方向がZ軸方向、水平方向がX軸方向、奥行き方向がY方向の場合、図21に示すように分解方向探索順序が定められる。

【0074】すなわち、ステップ300\_1において画面の垂直方向の座標軸の判定が行なわれる。ここではZ軸が垂直方向であると判定される。次に、ステップ300\_2において、画面の水平方向の座標軸の判定が行なわれる。ここではX軸が水平方向であると判定される。次にステップ300\_3において、分解方向探索の順序が設定される。すなわち、ここでは、図5に示すとおり、先ずステップ200\_1において+Z方向が設定され、ステップ200\_10において探索順序が順次-Z

方向、+X方向、-X方向、+Y方向、-Y方向の順に変更されるように、分解方向探索順序が設定される。

【0075】図22は、選択されたグラフィックス画面の他の例を示す図、図23は、図22のグラフィックス画面が選択された場合の分解方向探索順序決定ルーチンのフローチャートである。選択されたグラフィックス画面の基準座標系が図22に示す向きの場合、分解方向探索順序は図23に示すように定められる。

【0076】すなわち、ステップ300\_1において画面の垂直方向の座標軸の判定が行なわれる。ここではX軸が垂直方向であると判定される。次いでステップ300\_2において、画面の水平方向の座標軸の判定が行なわれる。ここではY軸が水平方向であると判定される。次いでステップ300\_3において分解方向の探索順序が設定される。ここでは、図5に示すステップ200\_1において、+X方向が設定され、ステップ200\_10において、探索順序が順次-X方向、+Y方向、-Y方向、+Z方向、-Z方向の順に変更されるように、分解方向探索順序が設定される。

【0077】図24は、分解方向探索順序の変更操作を示す説明図である。図2に示すマウス103の操作により、図7に示す自動分解経路生成設定メニュー画面上の「分解方向探索順序」の欄の「垂直」「水平」「奥行き」のうちのいずれかの文字をつまんで移動させ、その後図7に示す「実行ボタン」をクリックすることにより、分解方向探索順序を変更することができる。

【0078】次に、本実施形態における、本発明の第5の組立経路生成装置の特徴について説明する。ここには、図5に示す基本的なルーチンに加え、縮小済であるか否かの判定のステップ200\_16、および部品形状を収縮するステップ200\_17が追加されている。

【0079】すなわち、現在分解対象としている部品について設計どおりの寸法のままで分解経路の探索を行ない、いずれの方向にも分解できなかったとき、ステップ200\_16でその部品について寸法を縮小したか否かが判定され、寸法の縮小が行なわれていないときは、ステップ200\_17に進んで所定の縮小パラメータ（ここでは0.01%とする）分だけその部品の寸法が縮小され（ここでは0.99倍とする）、再度、その縮小した部品について分解方向の探索が行なわれる。部品の寸法を縮小しても干渉の発生なしに分解することのできる方向が見つからなかったときは、ステップ200\_8に進む。

【0080】このように、分解しようとしている部品の寸法を縮小すると、例えば強く嵌合させる目的で嵌合相手の穴の径よりも太い径の棒を設計した場合など、そのままではいずれの方向にも分解することができない部品であっても、分解することができるようになる。尚、この図25に示す縮小パラメータ0.01%は固定的に定めておいてもよいが、例えば、図7に示す

自動分解経路生成設定メニュー画面に縮小パラメータ設定部分を追加して、縮小パラメータを任意に設定できるように構成してもよい。

【0081】次に、本実施形態における、本発明の第6の組立経路生成装置の特徴について説明する。図26は、部品ツリー構造を示す図である。三次元CADシステムを用いて設計された製品は、通常、この図26に示すように、各部品の形状データの他、それらの部品の親子関係（どの親部品にどの子部品が固定されるかを示す）を含む組立配置情報を持っている。

【0082】そこで、ここでは、図5に1つのブロックで示す部品選択ルーチン100において、分解経路探索を行なう部品を図26に示す部品ツリー構造の端末側に配置された部品ほど早い順序で選択する。この図26に示すような部品ツリー構造は、図示しないメインメニューで選択することにより、CRT表示部104（図2参照）に表示することができる。

【0083】図27は、このときの部品選択ルーチン100の内容を示すフローチャートである。部品選択ルーチン100では、最初に、および自動分解経路生成ルーチン200（自動分解経路生成ルーチン200の内容については図5を参照）から戻る度に、図26に示す部品ツリー構造の検索が行なわれ、子部品を持っていない端末部品が選択される。

【0084】図28は、部品選択の具体例を示す図である。図28(a)に示す部品ツリー構造では、子部品を持っていない部品として、部品21、部品221、部品311、部品32、部品41、部品421、部品5が存在する。そこで最初に部品選択ルーチン100が実行された段階、およびその後自動分解経路生成ルーチン200から部品選択ルーチン100に戻るたびに、これら子部品を持っていない部品が順次1つずつ選択される。一旦選択され分解することのできた部品をここでは分解済みを表わすフラグとして'0'を代入することとする。すると、図28(b)の状態に達する。そこで今度は、この図28(b)の状態の子部品を持っていない部品、すなわち部品22、部品31、部品4、部品42が順次選択される。ここではフラグ'0'を持っている部品は親子関係から外されている。

【0085】ここで、部品22および部品31は分解できたものの、部品4および部品42は分解不可能であったとする。このときは部品22および部品31にはフラグ'0'が代入され、部品4および部品42には分解不可能であった旨、タグが付される。次には、図28

(c)に示すように、部品2、部品3が順次選択され、図28(d)に示すように、ベースとなる部品1と、分解不可能であった部品4および部品42を除き、他の全ての部品に分解済みを表わすフラグ'0'が代入された状態となる。

【0086】ここでは、このように、部品ツリー構造の

端末側の部品から先に分解経路の探索が行なわれる。これは端末側の部品ほど後から組み立てられる可能性が高く、したがって分解の際は早い段階で分解を行なった方が分解することができる可能性が高いからである。尚、分解不可能であった部品の取り扱いについては後述する。

【0087】次に、本実施形態における、本発明の第7の組立経路生成装置の特徴について説明する。図29は、サブアセンブリの情報を有する部品ツリー構造を示す図である。サブアセンブリは、複数の部品が組み立て

られた1つの構造体をいい、サブアセンブリ単位で組立て、分解が行なわれるものである。

【0088】図29に示す例では、部品2、部品21、部品22、部品221がサブアセンブリ1を構成し、部品3、部品31、部品311、部品32がサブアセンブリ2を構成し、部品4、部品41、部品42、部品421がサブアセンブリ3を構成している。部品5は独立している。あるいは、部品5は、それ1つのみで1つのサブアセンブリを構成しているものとみなしてもよい。

【0089】図30は、このときの部品選択ルーチン100の内容を示すフローチャートである。部品選択ルーチン100では、最初に、および自動分解経路生成ルーチン200から戻る度に、図29に示す部品ツリー構造の検索が行なわれ、サブアセンブリについてはそのサブアセンブリを構成する部品全てを一括して選択し、サブアセンブリを構成しない部品については、その部品を単独に選択する。

【0090】図7に示す自動分解経路生成設定メニューにおいて「部品」が選択されていたときは、サブアセンブリは、サブアセンブリとして一括して分解された後、そのサブアセンブリを構成する各部品に分解される。図7に示す自動分解経路生成設定メニューにおいて「サブアセンブリ」が選択されていたときは、サブアセンブリ単位で一括して分解された段階で分解は停止しそれ以上の分解は行なわれない。

【0091】サブアセンブリはまとまった複数の部品の集合であり、サブアセンブリ単位で分解すると分解することのできる可能性が高いため、この例に示すようにサブアセンブリの情報が存在するときは、まずはサブアセンブリ単位で分解することが好ましい。次に、本実施形態における、本発明の第8の組立経路生成装置の特徴について説明する。

【0092】図28に参照した前述の説明では、部品ツリー構造の端末側の部品から順次1つずつ分解する旨説明したが、本実施形態には複数の部品を同時に分解するモードも存在する。ここでは、再度図28を参照して、複数の部品を同時に分解するモードについて説明する。図28(a)の段階では子部品を持たない部品21、部品221、部品331、部品32、部品41、部品421、部品5が同時に選択され、グラフィックス画面上同

時に分解移動が行なわれる。但し、同時移動は表示のみであって、内部の演算では各部品1つずつについて順次に分解経路探索が行なわれ、その結果各部品について定められた分解経路に沿って、それら複数の部品が同時に分解移動するように表示される。

【0093】次に、図28(b)の段階では部品22および部品31が、表示上、同時に分解される。但し、前述したように部品4および部品42は分解不可能なため、分解されずにそのまま残されることになる。図28(c)の段階では、部品2および部品3が表示上同時に分解される。通常は、各部品が1つずつ順次に分解されるが、例えばピン、ネジ等を分解する場合は、同時に分解した方が解り易いし、分解、組立の表示時間を短縮できるという利点がある。

【0094】次に、本実施形態における、本発明の第9の組立経路生成装置の特徴について説明する。図31は、部品分解順序を示す図である。図示しないメインメニューで対応するアイコンをクリックすると、図26に示すような部品ツリー構造に基づいて予め部品の分解順序が求められ、その求められた部品分解順序が、この図31に示すように表示される。

【0095】そこで、マウス103(図2参照)を操作して、その表示画面上の部品をつまんで移動することにより、図31(a)に示す部品が直列に並んだ状態を、図31(b)に示すような、複数の部品が並列に並んだ状態に変更することができる。また、それとは逆に、図31(b)のように複数の部品が並列に並んだ状態から、図31(a)のように直列に並んだ状態に変更することもできる。

【0096】このように、部品を並列、直列に並べ直すと、並列に並べられた複数の部品については同時に、直列に並べられた部品については順次に、分解経路が生成される。このように分解順序を変更することにより、図28を参照して説明した、部品ツリー構造上の部品の配置位置に基づいて機械的に並列分解動作を行なう場合と比べ、例えば複数のネジのみ同時に分解し、それらのネジと比べ部品ツリー構造上同格の位置にあるネジ以外の部品はそれらのネジとは異なるタイミングで分解するなど、きめの細かな対応が可能となる。

【0097】次に本実施形態における、本発明の第10の組立経路生成装置の特徴について説明する。図32は、部品ツリー構造の一例を示した図である。図2に示すCRT表示部104に部品ツリー構造を表わす画面を表示するにあたり、ここでは、図32に示すように、各部品に対応した概略のグラフィックス画像も同時に表示される。

【0098】このような部品グラフィックス画像を含む部品ツリー構造画面を表示すると、部品の名称のみの部品ツリー構造を表示する場合と比べ、その部品を直感的に把握することができ、解り易い画面表示となる。こ



で、全ての部品についてグラフィックス画像を表示することはかえって煩わしい場合もあるため、ここでは、例えばマウス103（図2参照）を用いて部品名をダブルクリックする毎に、その部品名に対応するグラフィックス画像を、表示、非表示に交互に変化させる。

【0099】図33は、部品属性メニュー画面を示した図である。図32に示すような部品ツリー構造画面が表示されている段階でマウス103を用いて図示しないメインメニューの対応するアイコンをクリックすることにより、部品ツリー構造画面の他、この図33に示す部品属性メニュー画面が開かれる。

【0100】図32に示す部品ツリー構造画面上の所望の部品名をクリックし、更に図33に示す部品属性メニュー画面上の「部品イメージ表示」をクリックすると、ツリー構造画面上でクリックした部品の形状データを元にその部品の概略のグラフィックス画像が描かれ、部品属性メニュー画面内、および部品ツリー構造画面内の部品名に対応した領域に表示される。部品属性メニュー画面内のバリュエータ28をマウス103でつまんで動かすと、そのバリュエータ38の動きに応じて部品グラフィックス画像内の部品が回転する。このようにして所望の方向から見た部品グラフィックス画像を得、「イメージデータ保存」を押すと、その方向から見た部品グラフィックス画像が保存され、以後、部品ツリー構造画面内の対応する部品名をダブルクリックする毎に、その保存された部品グラフィックス画像が表示、非表示となる。

【0101】次に本実施形態における、本発明の第11の組立経路生成装置の特徴について説明する。図34は、ここに説明するモードにおける分解経路操作の手順を示すフローチャートである。例えば、図5に示す自動分解経路生成ルーチン200に従って各部品を順次分解していき、ある部品がいずれの方向にも分解できなかったとき、ここに説明するモードでは、いずれの方向にも分解できない部品に直面した段階で分解経路の自動探索が一旦中断され、自動分解経路生成が不能である旨提示される。

【0102】図35は、自動分野経路生成が不能である旨の提示方法の説明図である。図35(a)、(b)、(c)および(d)は、それぞれ、自動分解経路生成設定メニュー画面、グラフィックス画面、部品ツリー構造画面、および経路記録操作メニュー画面を示しており、図34に示すように、自動分解経路生成設定メニュー画面上には、自動分解経路生成が不能であった旨のメッセージが表示され、グラフィックス画面上には、自動分解経路生成が不能であった部品（ここでは部品3）が他の部品とは異なる態様で表示（ここではハイライト表示）され、部品ツリー構造画面においても、自動分解経路生成が不能であった部品の部品名および部品グラフィックス画像がハイライト表示され、経路記録操作メニュー画面上には、分解経路中の干渉が発生した位置に赤色の経

路警告表示があらわれる。

【0103】この状態に至ると、図2に示す組立経路生成装置は、その状態で待機する。その段階において、オペレータは、マウス103を操作してボタン211を経路警告表示の位置に移動させることにより、図35

(b)のグラフィックス画面上でその干渉の状態を確認することができる。マウス103を用いて、図35

(b)のグラフィックス画面の、今問題にしている部品（ここでは部品3）をつまんで動かすと、その移動経路の各点で干渉チェックが行なわれ、その部品を十分な遠方まで移動させる間干渉が発生しなければ、その部品についてマニュアルで分解経路が生成されたことになる。

【0104】このようにしてマニュアルで分解経路を生成し、マウス103を用いて、図35(a)の自動分解経路生成設定メニュー画面中の「実行ボタン」をクリックすると、その部品についてマニュアルで生成された分解経路が確定し、次の部品以降の自動的な分解経路探索が再開される。このような操作手順を経ることにより、自動的には分解経路生成が不可能な部品が存在している製品についても分解経路を生成することができる。

【0105】次に、本実施形態における、本発明の第12の組立経路生成装置の特徴について説明する。図36は、ここに説明するモードにおける分解経路探索の手順を示すフローチャートである。ここでは、例えば図5に示すルーチンに従って各部品を順次分解していき、分解不可能な部品が見つかったときは、その部品を分解せずに元の位置に戻し次の部品の分解経路検索に移る。このようにして自動的な分解が不能な部品を残し分解できる部品は全て分解し、その後自動的には分解できなかった部品全てについて、自動分解経路生成が不能である旨提示される。

【0106】図37は、このモードにおける、自動分解経路生成が不能である旨の提示方法の説明図である。複数の部品について分解できなかった旨表示されている点を除き、図35に示す提示方法と同様であるため、説明は省略する。このような自動分解経路生成が不能である旨提示されると、オペレータは、マウス103を操作して図37(d)の経路記録操作メニュー画面上のカーソル211を赤色の複数の経路警告表示のうちのいずれか1つに合わせる。すると図37(b)のグラフィック画面上に他の部品と干渉した状態の分解途中の部品を含む、分解途中の製品のグラフィックス画面が現れる。そこで今度は、マウス操作により、そのグラフィックス画面上の分解途中の部品を干渉の発生しない方向に移動させる。この移動の間、装置内では干渉が発生していないか否か干渉チェックの演算が行なわれる。干渉を生じることなく十分遠方まで移動することができた場合、これにより、その部品についてマニュアルで分解経路が生成されたことになる。マウス操作により、図37(a)の自動分解経路生成設定メニュー画面中の「実行ボタン」



をクリックすると、その部品についてマニュアルで生成された分解経路が確定する。分解不可能な部品の数だけ上記の操作を繰り返す。一応全ての部品の分解が終了すると、今度は、図37(d)の経路記録操作メニュー画面中の逆再生ボタン241を押してカーソル211を「最終」から「初期」まで移動させ、グラフィックス画面上での各部品の組立て状況を確認する。その間、装置内では、再度の干渉チェックが行なわれる。複数の部品についてのマニュアル操作による分解経路生成を後でまとめて行なったため、順番に組立て、あるいは分解を行なうと、干渉が発生する可能性があるからである。干渉が発生した時は、再度自動分解経路生成が行なわれる。この再度の自動分解経路生成にあたっては、分解経路がマニュアルで指定された部品については、そのマニュアルで指定された分解経路が適用される。

【0107】図34、図35を参照して説明したモードは、自動分解不可能な部品が見つかる度に自動分解経路生成ルーチンの実行が中断したが、その場合、オペレータは常に装置のそばに居る必要がある。部品点数が少ない場合はこれでもよいが、部品点数が多いときは、こ

【0108】次に、本実施形態における、本発明の第13の組立て経路生成装置の特徴について説明する。図38は、グラフィックス画面上の部品Aが分解されている途中の状態を示す図である。図38(a)は三次元グラフィックス画面であるが、解り易さのため、図38(b)、(c)は側方から見た二次元画面を示してある。

【0109】図34および図35を参照した説明した分解経路生成方法、あるいは図36および図37を参照して説明した分解経路生成方法では、マニュアルによる分解経路指定が行なわれるが、ここでは、そのマニュアル操作で部品Aが分解されている途中であるとする。このとき、図38(b)に示すように、部品Aが、残りの部品B、Cとの間の最接近距離 $d_1$ が所定距離 $D_m$ 以上となる位置まで部品Aが離れた場合、例えば図38(c)に示すようなその所定距離未満の領域への再進入、すなわち最接近距離 $d_2$ が $d_2 < D_m$ となる位置への部品Aの移動を禁止する。

【0110】このように、分解中の部品の移動可能領域を一定距離 $D_m$ 以上離れた領域内に制限すると、干渉チェックの高速化が図られる。図39は、図38に示す特徴的な構成を実現するためのルーチンを示すフローチャートである。分解しようとする部品が選択されると、マニュアル経路生成ルーチン400では、先ずマウス操作による、分解しようとする部品の移動方向、移動量が入力され(ステップ400\_1)、干渉チェックが行なわれ(ステップ400\_2)、干渉の発生の有無が判定さ

れ(ステップ400\_3)、干渉が発生していたときは、グラフィックス画面上に干渉が発生したポイント(干渉点:図3(a)参照)が表示される。ステップ400\_3で干渉が発生していないと判定されたときは、最接近距離 $D_s$ が計算され、その最接近距離 $D_s$ が上記の所定距離 $D_m$ 以下か否かが判定され(ステップ400\_6)、 $D_s > D_m$ のときはその分解中の部品(図38の例では部品A)が他の部品から離れているので、ステップ400\_7に進んで、その部品(図38の例では部品A)の移動距離 $D$ が分解が終了したとみなすことのできる距離 $D_c$ 以上であるか否かが判定される。ステップ400\_7で $D \geq D_c$ であると判定されるとその部品について分解が終了したものとみなされ、ステップ400\_8において、その部品の分解経路が記録され、次の部品の選択に移る。一方、ステップ400\_7において $D < D_c$ であると判定されると、次のマウス操作待ちの状態となる。ステップ400\_6において $D_s \leq D_m$ 、即ち、分解中の部品が再進入禁止の領域内に移動しようとするマウス操作が行なわれた場合は、ステップ400\_9に進み、今回のマウス操作が行なわれる前の段階に戻され、次のマウス操作待ちとなる。

【0111】このようにして分解中の部品の、残りの部品からの距離 $D_m$ 以内の領域への再進入が禁止される。次に、本実施形態における、本発明の第14の組立経路生成装置の特徴について説明する。図40は、本発明の第14の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するためのルーチンを示すフローチャートである。図5に示す基本的なルーチンとの相違点について説明する。

【0112】ステップ200\_7において最終の探索方向である-X方向まで探索してもなお干渉が発生していると判定されると、ステップ200\_18に進んで分解経路探索中の部品が初期位置に戻され、次にステップ200\_19において、その分解経路探索中の部品が他のいずれか1つもしくは複数の部品とサブアセンブリを構成しているものとみなして、それらサブアセンブリを構成するものとみなされた複数の部品を同時に同方向に移動させて分解経路の探索を行なう。分解不能であったときは、その分解経路探索中の部品が、今度は他の部品とサブアセンブリを構成しているものとみなして、それら複数の部品を同時に同方向に移動させて分解経路探索を行なう。これを繰り返してもなお分解不能であったときにステップ200\_8に進む。

【0113】以上のルーチンは1つずつで分解できる部品については、先に全て分解しておき、残った部品について適用される。こうすることにより、分解経路を自動生成することのできる可能性が高められる。図41は、図40を参照して説明した、本発明の第14の組立経路生成装置の特徴の変形例を示す図である。図40に示すルーチンとの相違点について説明する。

【0114】ステップ200\_18で分解中の部品が初

期位置に戻された後、ステップ200\_20で、その初期位置に戻された、分解しようとしていた部品と他の部品との干渉チェックが行なわれ、ステップ200\_21ではその分解しようとしていた部品とでサブアセンブリを構成する部品として、その分解しようとしている部品に接触する部品が選択される。あるいは、分解しようとしていた部品とサブアセンブリを構成する複数の部品を選択する場合は、その分解しようとしていた部品と直接には接触する部品と、その分解しようとしていた部品とは直接には接触していなくても、その直接に接触している部品に接触する部品とが選択される。

【0115】ここでは、このように、順次接触した複数の部品がサブアセンブリを構成するものとみなされる。接触している部品の集まりが実際のサブアセンブリである可能性が高く、また、一体的に分解方向が決まる可能性が高いからである。図42、図43は、本実施形態における本発明の第15の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【0116】ここでは、図42に示すように、3つの部品1、2、3からなる製品を考え、基準座標系は、図42に示すように定められているものとする。ここで、部品3を分解しようとするとき、この部品3は、この部品3からみて部品1が配置されている方向である-Z方向および部品2が配置されている方向である-X方向には移動することができない。そこで、ここでは、分解経路探索に入る前に、分解（移動）することのできない方向を検出し、その分解不能な方向については、分解経路の探索そのものを行なわないようにする。そうすることにより、分解経路探索の高速化が図られる。

【0117】ここでは、製品を構成する各部品は、部品3について図43に示すように、三角形ポリゴンの集合体として定義されている。そこで、ここでは、これから分解しようとする部品について、その部品を構成する三角形ポリゴンのうち、他の部品を構成するいずれかの三角形ポリゴンと干渉している三角形ポリゴンを検出し、その三角形ポリゴンの向き（その三角形ポリゴン面に垂直であって、その三角形ポリゴンが構成している部品に対し外向きの方向をその三角形ポリゴンの向きといい、この向きのベクトルを「外向き法線ベクトル」と称する。）には、分解経路の探索を試みないようにする。

【0118】図44は、図42、図43を参照して説明した本発明の第15の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。図5に示す基本的なルーチンとの相違点について説明する。この図44には、図5に示す基本的なルーチンと比べ、移動方向限定ルーチン500が付加されており、さらに自動分解経路生成ルーチン中、分解方向フラグ判定のステップ200\_22が付加されている。

【0119】移動方向限定ルーチン500では、部品選択ルーチン100で選択された部品について、その部品

を構成する三角形ポリゴンと他の部品を構成する三角形ポリゴンとの間の干渉チェックを行ないこれから、分解しようとする部品の、他の部品と干渉している三角形ポリゴンを検出する（ステップ500\_1、500\_2）。分解方向フラグ設定ルーチン500\_3では、まず、その干渉している三角形ポリゴンの外向き法線ベクトルが分解方向（±Z方向、±Y方向、±X方向のいずれかの方向）と一致しているか否かが判定される（ステップ500\_3\_1）。

【0120】ここでは、分解方向は±Z方向、±Y方向、±X方向の合計6方向に限定されており、ここでは、外向き法線ベクトルが分解方向と一致している場合のみ、分解経路探索から除外することとしている。換言すれば、外向き法線ベクトルが上記6方向のいずれとも一致しない斜めの方向を向いているときは、その外向き法線ベクトルを持つ三角形ポリゴンが干渉していても、分解経路探索からは除外されない。

【0121】ステップ500\_3\_1において、外向き法線ベクトルと分解方向とが一致していると判定されると、その外向き法線ベクトルの方向には分解経路の探索を行なわないようにするため、その外向き法線ベクトルに対応した分解不能フラグが立てられる（ステップ500\_3\_2）。このステップ500\_3\_2には、省略して記載されているが、各分解方向（+Z、-Z、+Y、-Y、+X、-X）の各方向に対応してそれぞれ分解不能フラグ（flagZ、flag-Z、flagY、flag-Y、flagX、flag-X）が定義されている。

【0122】自動分解経路生成ルーチン200に入ると、まず分解方向が+Z方向に設定され、その+Z方向のフラグflagZがflagZ=1であるか否かが判定される。flagZ=1のときは、+Z方向への分解経路の探索は省略してステップ200\_10へ進む。ステップ200\_10では、分解方向検索規則に従って、次の分解経路が定められるが、そのときも分解不能フラグが参照され、分解不能な方向に関しては、次の分解経路として指定しないようにしている。

【0123】図42、図43に示す部品3の例では、-Z方向と-X方向には分解経路の探索は行なわれず、探索回数が削減され、分解経路探索の高速化が図られる。次に、本実施形態における、本発明の第16の組立経路生成装置の特徴について説明する。図45は、本実施形態における、本発明の第16の組立経路生成装置の特徴の説明図である。

【0124】図45に示すように、複雑な形状の内部空間を有する部品Bの、その内部空間の中に部品Aが入り込んでおり、その部品Aを部品Bの内部空間から取り出すための分解経路の探索について考える。図5に示す基本的なルーチンにおいては、いずれかの分解方向について分解経路を探索し、他の部品と干渉するとその分解経

路探索を中の部品を元の位置に戻し、他の分解方向について分解経路の探索を行なうということを繰り返しており、この図4 5に示すように途中で分解方向が変化する分解経路については自動探索は不可能であり、分解不可能という結論に達する。そこで、ここでは、一旦、+Z方向、-Z方向、+Y方向、-Y方向、+X方向、-X方向の6方向について、初期位置から、他の部品との干渉が発生した位置までの移動距離を記録しておき、いずれかの方向にも分解不可能であった場合、今度は、それら6方向のうち最大距離移動することのできた方向に、その最大距離だけ移動し、その最大距離移動後の位置を始点として再度分解経路の探索を行なう。この再度の探索に際しては、その最大距離移動した方向、およびその方向とは逆の元の位置に戻る方向については探索の対象から除外される。以上のような方向転換処理を何回行なうかは、本実施形態ではTURN\_DEFAULTにより定義されており、そこに定義された回数まで上記の方向転換処理が繰り返される。

【0125】図4 6は、図4 5を参照して説明した本発明の第16の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。図5に示す基本的なルーチンとの相違点について説明する。ここでは、各分解方向について干渉が発生すると(ステップ200\_4)、その分解中の部品の、その干渉が発生する迄の移動距離が各分解方向毎に記録される(ステップ200\_23)。今回発生した干渉が、最後の分解方向である-X方向に分解を試みて発生した干渉であったときは(ステップ200\_7)、方向転換処理ルーチン200\_24に入る。この方向転換処理ルーチン200\_24では、まず、方向転換を行なった回数nがあらかじめ定められた回数(TURN\_DEFAULT)と比較され、 $n \geq \text{TURN\_DEFAULT}$ であれば分解不可能であると判定される。 $n < \text{TURN\_DEFAULT}$ のときは、ステップ200\_24\_2に進み、現在分解中の部品を、ステップ200\_23で記録した分解方向6方向についての移動距離の中で最大移動距離を持つ方向にその最大移動距離だけ移動する。ステップ200\_24\_3では、その移動方向およびその移動方向とは逆方向へは分解経路探索は不要である旨記録されて、方向転換処理ルーチン200\_24を抜ける。すると、ステップ200\_10において、分解方向が指定される。このときには分解方向の方向のうち、ステップ200\_24\_3で記録された方向は分解方向としては指定されず、他の4方向の中から分解方向が順次指定される。

【0126】この図4 6に示すルーチンを採用することにより、図4 5に示すような複雑な分解経路の探索が可能となる。次に、本実施形態における、本発明の第17の組立経路生成装置の特徴について説明する。図4 7、図4 8は、本実施形態における、本発明の第17の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【0127】図4 7(A)は、部品Aを部品Bから分解しようとしている状態を示す斜視図および側面図である。部品Aは、部品Bの階段状の部分に厳密に一致するように配置されており、このままでは、部品Aは部品Bと干渉しており部品Aを分解することはできない。そこでこのようなときは、図4 7(B)に示すように、部品Aの、部品Bと干渉している三角形ポリゴンを検出し、その三角形ポリゴンの寸法を縮小するとともに、その寸法を縮小した三角形ポリゴンを部品Aの内側に移動させる。このようにして作成した部品A'は部品Bとの間にある有限の距離dを持つことになり、部品Bとは干渉していないと判定され、部品A'を部品Bから分解することができる。部品Aについて干渉している三角形ポリゴンを上記のように変更してもなお、干渉状態が続いている場合は、接触しているのではなく、真に干渉しているものと判定される。

【0128】図4 8(A)について、部品Aは、部品Bの穴に嵌め込まれたあるいは螺合された、例えばピンやネジのようなものであり、ネジの場合はネジ山が部品Bのネジ山と重なり合い、ピンの場合は、穴に強く嵌合させるために穴の内径よりも若干太いピンを設計した場合など、図4 8(A)のように部品Aと部品Bとが重なり合い、すなわち部品Aと部品Bとが干渉し、このままでは、部品Aを部品Bから分解することは不可能である。そこで、図4 7(B)を参照して説明した場合と同様、部品Aの、部品Bと干渉しているポリゴンについて、その形状を縮小するとともに部品Aの内側に移動させた部品A'を作成し、部品Bとの間に有限の距離dが発生すれば、真の干渉ではないとみなして部品A'を部品Bから分解することができる。ここでは、干渉しているポリゴンのみ変更するため、分解しようとする部品(ここでは部品A)の全体の寸法を縮小する方式と比べ演算量が少なく済み、分解経路探索の高速化が図られる。

【0129】ここで、本実施形態では、干渉しているポリゴンをどの程度縮小し部品内部にどの程度移動させるかを規定する属性データTOLERANCEが部品毎に定義されており、デフォルト値は $TOLERANCE = 1.0 \times 10^{-5}$ である。図4 9は、干渉しているポリゴンの寸法を縮小し位置を移動させるアルゴリズムの説明図、図5 0は、図4 9の説明中で参照される、分解経路探索中の部品の包絡球を示す図である。

【0130】ここに示す三角形ポリゴンは、その三角形の3つの頂点の座標を表わす座標ベクトル $V_0$ 、 $V_1$ 、 $V_2$ と、単位長さの外向き法線ベクトル $n_0$ のデータで規定されている。まず縮小する前の元の三角形ポリゴンの重心座標 $V_g$ を、

$$V_g = (V_0 + V_1 + V_2) / 3$$

により求め、 $V_0$ から $V_1$ に向うベクトルを $V_{01}$ 、 $V_0$ から $V_2$ に向うベクトルを $V_{02}$ としたとき、それら2つのベクトルの外積ベクトル

$outerV = V01 \times V02$

を求め、その外積ベクトル $outerV$ を内向きに確定するためにこの外積ベクトル $outerV$ と外向き法線ベクトル $n0$ との内積

$innerV = outerV \cdot n0$

が求められて、

$innerV = 0$

すなわち、 $outerV$ の方向が外向き法線ベクトル $n0$ の方向と一致していたときは、

$outerV = outerV \cdot (-1, 0)$

の演算により、外積ベクトル $outerV$ を内向き(図49に示す向き)に確定させる。

【0131】次いで、縮小基準点 $Vg2$ を、

$Vg2 = Vg - r \cdot outerV / |outerV|$

により求める。ここで、 $r$ は、図5に示すように、今問題にしている(分解しようとしている)部品を包む最小半径の球(包絡球)の半径である。このようにして縮小基準点 $Vg2$ が求められると、各座標 $V0$ 、 $V1$ 、 $V2$ が、

$V0' = Vg2 + (V0 - Vg2) \cdot scale$

$V1' = Vg2 + (V1 - Vg2) \cdot scale$

$V2' = Vg2 + (V2 - Vg2) \cdot scale$

に変更される。ここで $scale$ は、上述した、部品毎の付属データとして規定されたTOLERANCEと、図50に示す包絡球半径 $r$ を用いて、

$scale = (r - TOLERANCE) / r$

で定義される量である。

【0132】図51は、図47～図50を参照し説明した本発明の第17の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。この図51に示すフローチャートは、その全体が図51に示す基本的なルーチンの、干渉チェックのステップ200\_\_3に対応している。図51に示す干渉チェックルーチン200\_\_3では、先ずステップ200\_\_3\_\_1において、分解経路探索中の部品を構成する各ポリゴンと他の部品の各ポリゴンとの、干渉している、あるいは干渉している可能性のある組み合わせが抽出される。このステップ200\_\_3\_\_1では分解経路探索中の部品の三角形ポリゴンと他の部品の三角形ポリゴンとの全ての組合せについて順次干渉チェックを行なうものであってもよいが、より好ましくは、包絡球で多重に包み込み包絡球どうしが干渉しているか否かを調べるいわゆるBubble Collision法(特開平9-27046号公報、USP668145号参照)を好適に採用することができる。

【0133】この干渉チェックステップ200\_\_3\_\_1においては、例えばBubble Collision法により、干渉している可能性のある複数の三角形ポリゴンの組み合わせが抽出され、それらの組み合わせ1つずつについて干渉が発生しているか否かが判定される(ス

テップ200\_\_3\_\_2)。いずれの組合せについても干渉が発生していないと判定されると、移動可能であるという情報を持ってこの干渉チェックルーチン200\_\_3を抜ける。

【0134】1つの組合せでも干渉が発生していると判定されると、ステップ200\_\_3\_\_3に進み、その干渉が発生している組合せを構成する2つの三角形ポリゴンのうち、分解経路探索中のポリゴンが上述のアルゴリズムに従って縮小変換される。ステップ200\_\_3\_\_4では、一度縮小変換した三角形ポリゴンについて再度同じ計算をしないで済むように、縮小した三角形ポリゴンの番号と縮小変換後の頂点 $V0'$ 、 $V1'$ 、 $V2'$ を記録しておく。ステップ200\_\_3\_\_5では、このように縮小した三角形ポリゴンと、縮小変換する前のポリゴンと干渉していた他の部品の三角形ポリゴンとの干渉チェックが行なわれ、今度は干渉が発生していなければ(ステップ200\_\_3\_\_6)、接触していただけとみなし、干渉フラグ $collflg$ に接触をあらわすCONTACTが格納される。

【0135】ステップ200\_\_3\_\_3～ステップ200\_\_3\_\_8が、ステップ200\_\_3\_\_2で干渉が発生していると判定された全ての組み合わせについて繰り返され、全てが「接触」であったときは(ステップ200\_\_3\_\_9)。この干渉チェックルーチン200\_\_3を抜ける。ステップ200\_\_3\_\_6において、縮小変換後の三角形ポリゴンについてなおも干渉が発生していると判定されると、真に干渉しているものと判定されて、干渉フラグ $collflg$ に真の干渉をあらわす値TRUEが格納され、この干渉チェックルーチン200\_\_3を抜ける。

【0136】ここで、図5に示すように、分解経路探索中の部品が微小距離 $d$ だけ移動する毎に干渉チェックルーチン200\_\_3に入る。そのとき、例えば図47、図48に示すように、「接触」とみなされた三角形ポリゴンが再びステップ200\_\_3\_\_2で干渉していると判定される場合もある。このときは、ステップ200\_\_3\_\_3はスキップして、ステップ200\_\_3\_\_4において前回縮小変換済の頂点座標 $V0'$ 、 $V1'$ 、 $V2'$ が読み出される。

【0137】以上のようなルーチンを採用すると、図47に示すような、完全に接触している場合や、図48に示すような部品どうしが多少重なっている場合にも正しい分解経路を探索することが可能となる。次に、本実施形態における、本発明の第18の組立経路生成装置の特徴について説明する。

【0138】図52は、3つの部品を示した斜視図である。これら3つの部品はいずれもコ字状の部品であり、部品1と部品2は、各部品1、2の窪んだ部分が互いに向き合うように水平に配置されており、部品3は部品1と部品2の窪んだ部分に嵌合するように縦向きに配置さ

れている。図53は、図52に示す3つの部品が組み合わされた状態を示す上面図(A)、正面図(B)、および側面図(C)である。

【0139】ここでは、部品1と部品2は、他の部品A、Bに挟まれ、それらの部品A、Bの方向には移動不可能な状態にある。このとき部品1、部品2は、図53に示す矢印の方向に所定距離移動することはできるが、所定距離移動した時点で部品3に干渉してしまい、分解不可能である。一方、部品3も、部品1、部品2と干渉し分解不可能である。図5に示す基本ルーチンでは、このような場合、分解不可能と判定される結果となる。

【0140】図54は、図53に示す組合せにおいて、部品1、部品2を図53に示す矢印方向に最大限移動した状態を示す上面図(A)、正面図(B)、および側面図(C)である。部品1、2を図54に示すように移動すると、その状態では部品3を上方に分解することができる。ここでは、このような連携動作を可能とし、分解経路探索の柔軟性を増している。

【0141】図55は、図53～図54を参照して説明した、本発明の第18の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。図5に示す基本ルーチンとの相違点について説明する。ここでは、各分解方向について干渉が発生すると(ステップ200\_4)、現在分解経路探索中の部品の、その干渉が発生する迄の移動距離が各分解方向毎に記録される(ステップ200\_23)。

【0142】ある部品について全ての方向について分解経路の探索を行ない、最終の探索方向である-X方向についての探索が終了すると(ステップ200\_7)、今回この部品が初回に選択されたのか否かが判定され(ステップ200\_24)、その部品に関し1回目の部品選択であったときは次の部品選択に移る。以上のようにして全部品について1回目の分解経路の探索が終了した後、今度は、部品選択ルーチン100により、未だ分解することができないでいる部品が順次選択される。その分解できなかった部品のうちの1つの部品が選択され、再度ステップ200\_24に達すると、今度はその部品選択は1回目ではないのでステップ200\_25に進み、その部品選択が2回目か否かが判定される。部品選択が2回目であると判定されると、ステップ200\_26に進み、現在選択されている部品が、その部品についてステップ200\_23で記録された6方向それぞれについての移動距離の中で最大の移動距離を持つ方向に、初期位置からその最大距離だけ移動されてステップ200\_6に進み、その最大移動距離だけ移動したことが記録され、次の部品の選択に移る。このようにして、ある部品(例えば図52～図54に示す部品1と部品2)をその最大移動距離だけ移動したとき、他の部品(例えば図52～図54に示す部品3)の分解経路が見つかった(ステップ200\_5)ときは、その分解できた部品に

についての分解経路が記録される(ステップ200\_6)。

【0143】それでもなお分解経路が見つからず、もう一度ステップ200\_24に達すると、ステップ200\_25に進んで部品選択が2回目ではないと判定され、さらにステップ200\_27に進んだ部品選択が3回目であると判定され、ステップ200\_9に進んで、これまでの過程で未だ分解できない部品のうち初期位置から移動した状態にある部品があるときはそれらの部品が全て初期位置に戻され、未だ分解できていない部品全てについて、ステップ200\_10において、+Z方向を含め分解方向が順次設定されながらもう一度分解経路の探索が行なわれる。部品選択が4回目の部品が1つでも発生すると(ステップ250\_27)、ステップ200\_28に進み、初期位置から移動している部品があるときは全て初期位置に戻されて、未だ分解できていない部品全てについて分解不可能である旨システムに通知される(ステップ200\_29)。

【0144】その後の分解経路の探索については、例えば前述したサブアセンブリ化手法を適用するなど、他の手法が採用されることになる。図56、図57は、各部品1、2、3、4、5、……の、分解可能、分解不可能の様子を示す図である。図56に示す例は、部品1、2、3は1回目では分解することができず、部品4、5、……は分解できたことをあらわしている。2回目では、部品1と部品2は、最大距離移動できる方向にその最大距離だけ移動され、その状態で部品3が分解でき、3回目では、部品1と部品2が元の位置に戻された上で分解ができたことを意味している。

【0145】図57に示す例では、1回目は、部品1、2、3、4が分解不可能、部品5以降は分解でき、2回目では、部品1と部品2は最大距離移動できる方向にその最大距離だけ移動され、その状態で部品3は分解できたものの部品4は引き続き分解不可能であり、3回目では部品1と部品2は元の位置に戻された後もう一度分解経路探索が行なわれたが分解不可能であり、部品4も引き続き分解不可能であったことを示している。この図57に示す例のように、図55のルーチンによっても分解不可能な部品が残っているときは、その後、前述したサブアセンブリ化等、他の手法による分解が試みられる。

【0146】ここでは複数の部品の連携動作を可能としたため、自動分解経路探索により分解経路を検出できる可能性が高まり、より一般的な複雑な製品に、この自動分解経路探索手法を適用することができる。次に、本実施形態における、本発明の第19の組立経路生成装置の特徴について説明する。

【0147】図58は、本実施形態における、本発明の第19の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。これまでは、分解経路探索の対象としてその製品を構成する部品(サブアセンブリを含む)のみを取り扱ってきた

が、実際の分解、組立てにあたっては、分解、組立てを行なうための工具や手なども、分解、組立てしようとする部品とともに他の部品に干渉しないかどうか確認することが望ましい。

【0148】そこで、ここでは、図58に示すように例えば‘手’のモデルを部品に付けた状態で、その手のモデルとその手でつかんだ部品とを一体的な部品とみなして分解経路の探索を行なう。こうすることにより、分解、組立ての容易な経路を探索することができる。図59は、本実施形態における、本発明の第19の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現する自動分解経路生成設定メニュー画面の一例を示した図である。

【0149】この図59に示す自動分解経路生成設定メニュー画面には、図7に示す自動分解経路生成設定メニュー画面と比べ、補助部品のメニューが付加されている。この補助部品のメニューには、補助部品なし、手、工具、自動機の別があり、デフォルト値としては補助部品なしが指定されている。手、工具、自動機のモデルは、別途用意されている。補助部品を指定するには図2に示すマウス103が用いられ、この図59に示す自動分解経路生成設定メニュー画面上で、指定しようとする補助部品がクリックされる。

【0150】図60は、本実施形態における、本発明の第19の組立経路生成装置の特徴点を示した部品選択ルーチンのフローチャートである。部品選択ルーチン100では、先ず所定のアルゴリズムに従って部品が選択され、次いで補助部品が指定されているか否かが判定される。補助部品が指定されているときは選択されている部品にその指定されている補助部品が貼り付けられ、自動分解経路生成ルーチン200では、それら部品と補助部品とを一体の部品であるとみなして分解経路の探索が行なわれる。

【0151】尚、ここでは、部品に補助部品を貼り付けるにあたり、1つの製品を構成する全ての部品について同一の補助部品を貼り付ける例を示したが、部品毎に、補助部品を貼り付けないことを含め異なる補助部品を貼り付けるように構成してもよい。また、ここでは、補助部品を貼り付ける場合にいきなり補助部品を貼り付けて分解経路の探索を行なっているが、補助部品を貼り付ける場合であっても、先ずは補助部品なしで分解経路探索を行ない、分解できたときに、今度はその部品に補助部品を貼り付けて、補助部品を貼り付けた状態でも分解できるかどうか確認するようにしてもよい。

【0152】次に、本実施形態における、本発明の第20の組立経路生成装置の特徴について説明する。図61は、本実施形態における、本発明の第20の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。ここでは、部品1と部品2が部品3の内部に配置されており、部品2は回転関節を持ち図61(A)に示す矢印の方向に回転可能である。

【0153】この状態に置いて、部品1を部品3から取り出すことを考える。先ず、図61(A)に示すように、部品1を微小距離 $\Delta d$ だけ図61(A)の下の方に移動しては干渉チェックが行なわれ、図61(B)に示すように部品1と部品2が干渉すると、図61(C)に示すように、部品1の移動に合わせて部品2が回転する。

【0154】図62は、部品2の回転量 $\Delta \theta$ の演算アルゴリズムの説明図である。部品1は、微小距離 $\Delta d$ ずつ移動し、図62に示す状態で部品2との干渉が最初に発生したものとする。このとき、部品2の、部品1と干渉した各数の点のうちの一点が干渉発生点として選択される。この図62では、部品2の1つの頂点が干渉発生点Bとして選択されているが、部品1と干渉している多数の点のうちのどの点が干渉発生点として選択されるかは不明である。干渉発生点Bが選択されると、その干渉発生点Bから、延びる部品1の、干渉が発生したポリゴンの外向き法線ベクトルの方向の垂線と、部品2の回転中心点Aを通り、部品1の干渉が発生したポリゴンの面に平行な面との交点Cが求められ、さらに、部品1が微小距離 $\Delta d$ だけさらに移動したときの部品1の表面と上記の垂線との交点Dが求められ、角度 $\Delta \theta$ が

$$\Delta \theta = \angle CAB - \angle CAD$$

により求められる。次いで、部品2が角度 $\Delta \theta$ だけ回転され、部品1の移動と部品2の回転とが並列化される（並列化については図31およびその説明を参照）。これによりグラフィック画面上では部品1と部品2が同時に移動、回転する。

【0155】このように、分解経路探索中の部品が回転関節を持った可動部品と干渉したとき、その可動部品もその可動部品の可動範囲内で一緒に動くように構成することにより、自動経路生成ルーチンの適用範囲が大きく広がることになる。図63は、図61、図62を参照して説明した、本発明の第20の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。図5に示す基本ルーチンとの相違点について説明する。

【0156】図63に示す自動分解経路生成ルーチンには、図5に示す基本ルーチンに、干渉連鎖自動分解のステップ200\_\_33が付加されている。この干渉連鎖自動分解のステップ200\_\_33は、1つのサブルーチンを成している。図64は、図63に1つのブロックで示す干渉連鎖自動分解ルーチンのフローチャートである。

【0157】ここでは、図61、図62に示すように、現在分解中の部品を部品1と呼んでいる。図64に示す干渉連鎖自動分解ルーチンでは、先ずステップ200\_\_33\_\_1において、部品1の分解経路探索中に干渉が発生した場合に、どの部品との干渉が発生したかを調べる。ここでは干渉が発生した部品を部品2と称する。次いでステップ200\_\_33\_\_2では、その部品2を定義

している情報を調べてその部品2に関節が設定されているか否かが調べられる。本実施形態では、関節のうち回転関節のみを対象としており、ステップ200\_33\_3では、部品2に関節が設定されている場合に、その設定されている関節が回転関節であるか否かが調べられる。部品2に関節が設定されていない場合、あるいは関節が設定されていても回転関節以外の関節が設定されている場合は、このままこの干渉連鎖自動分解ルーチン200\_33を抜ける。

【0158】部品2に回転関節が設定されているときは、ステップ200\_33\_4に進んで前述のアルゴリズムに従って部品2の回転角度 $\Delta\theta$ が求められ、部品2がその回転角度 $\Delta\theta$ だけ回転され（ステップ200\_33\_5）、部品1の微小移動 $\Delta d$ と部品2の回転 $\Delta\theta$ が並列化されるよう分解経路に記録される（ステップ200\_33\_6）。

【0159】ただし、図61～図64を参照して説明した手法では、厳密な意味では、部品1と部品2とは接触した状態には保たれず、部品2の一部が部品1の中に入り込むような状態が生じる。そこで次に、それらの干渉点を常に一致させる手法について説明する。図65は、部品1と部品2の干渉点どうしが一致するように部品1と部品2を移動、回転させるアルゴリズムの説明図である。

【0160】図65(A)の状態から出発し、図65(B)に示すように干渉が発生すると、部品1を、1ステップだけ、今移動してきた方向とは逆の方向に戻す。次いで、図65(C)に示すように、部品2をあらかじめ決められた角度、例えば $10^\circ$ だけ回転してその回転後の部品2と1ステップ戻った状態の部品1との間の最短距離 $d$ を求め、部品を、あらためて、その最短距離 $d$ だけ移動する。こうすることにより、部品2と部品1とが常に接触した状態で移動、回転することになる。

【0161】図66は、図65を参照して説明したアルゴリズムを実現する、干渉連鎖自動分解ルーチンのフローチャートである。ここでも、自動分解経路生成ルーチン200の全体は図63に示すフローがそのまま適応され、干渉連鎖自動分解のステップ200\_33に、図64に示す干渉連鎖自動分解ルーチンに代えて、図66に示す干渉連鎖自動分解ルーチンが当てはめられる。

【0162】図66に示す干渉連鎖自動分解ルーチンでは、まず、図64に示す干渉連鎖自動分解ルーチンと同様、干渉が発生した部品が調べられ（ここでは干渉が発生した部品を部品2とする）（ステップ200\_33\_1）、その部品2に関節設定があるか否かが調べられ（ステップ200\_33\_2）、関節設定があるときは、その設定されている関節が回転関節であるか否かが判定され（ステップ200\_33\_3）、部品2に関節が設定されていない場合、および関節が設定されていても回転関節以外の関節が設定されているときは、この干渉連鎖

自動分解ルーチンを抜ける。

【0163】部品2に回転関節が設定されていたときは、ステップ200\_33\_7に進み、現在分解経路探索中の部品1が今進んできた方向とは逆の方向に1ステップ分（ $\Delta d$ だけ）戻され、部品2が、あらかじめ決めておいた角度 $\Delta\theta$ （例えば $\Delta\theta = 10^\circ$ ）だけ回転され（ステップ200\_33\_8）。部品1と部品2との間の最短距離 $d$ が求められ（ステップ200\_33\_9）、その最短距離 $d$ だけ部品1が進行方向に移動され（ステップ200\_33\_10）、部品2と部品1の今回の移動が並列化されて、分解経路に記録される（ステップ200\_33\_6）。

【0164】これにより、干渉している部品1と部品2が常に接触した状態で同時に移動、回転することになる。このように、分解経路探索中の部品が回転関節を持った部品と干渉したときに、それら双方の部品を同時に動かすことにより、自動経路生成ルーチンの適用範囲が大きく広がることになる。

【0165】次に、本実施形態における、本発明の第21の組立経路生成装置の特徴について説明する。図67は、本実施形態における、本発明の第21の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。1つの製品が多数の部品から構成されている場合、あるいは複雑な部品から構成されている場合、グラフィックスの描画速度が低下し、たとえ高速動作可能なCPUを用い、グラフィックス描画専用のハードウェア（グラフィックスアクセラレータボード）を使用した場合であってもこの問題は十分には解消されない。

【0166】そこで、図7(A)に示すように1つの製品が多数の部品から構成されている場合であっても、ここでは、移動中の部品（部品3）と、その部品3に最も近接した部品（部品2）のみグラフィックス描画を行なう。こうすることで、この組立経路生成装置を操作している操作者の、必要な部品への注目度が高められるとともに、描画量が減少するため描画速度が向上する。

【0167】図68は、図67を参照して説明した本発明の第21の組立経路生成装置に特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。ここには、部品選択ルーチン100および自動分解経路生成ルーチン200と並列的に動作することのできる、グラフィックス画像を描画する分解経路再生ルーチンが示されている。

【0168】この分解経路再生ルーチン600では、自動分解経路生成ルーチン200のステップ200\_6で記録された部品の分解経路が参照され、分解中の部品を含む画像が描画表示される。まずステップ600\_1では、分解経路表示用に選択された部品（自動分解経路生成ルーチン200と並列的に動作させるときは、分解経路探索中の部品が分解経路表示用としても選択される）を、記録された分解経路に沿って移動し、次いで他の部



品との距離が求められ（ステップ600\_\_2）、選択された部品に対し最近接距離にある部品が求められる（ステップ600\_\_3）。ステップ600\_\_4では、このようにして求めた最近接距離にある部品が描画され、ステップ600\_\_5では、選択された部品が描画され、以上の過程が、選択された部品が分解経路の最終位置へ移動するまで繰り返され（ステップ600\_\_6）、最終位置へ達すると、今回選択された部品の分解経路の再生は終了し、必要に応じて次の部品の分解経路の再生に移行する。

【0169】次に、本実施形態における、本発明の第22の組立経路生成装置の特徴について説明する。図69は、本実施形態における、本発明の第22の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。ここでは部品3について分解経路表示中であるとし、その部品3を除く他の部品は、一度描画したら、その部品3が分解経路の最終位置に達するまでそのまま表示しておき、部品3のみ、その移動する経路に沿って再描画する。この場合、再描画するのは移動中の部品のみであり、高速描画が可能となる。

【0170】図69に示す例では、部品3も、部品3を除く他の部品もグラフィックスで描画されており、部品3は、前に描画した部品3の表示を残したまま、再描画されている。図70は、図69を参照して説明した本発明の第22の組立経路生成装置に特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。ここには、図68に示す分解経路再生ルーチンに代えて採用される分解経路再生ルーチンが示されている。

【0171】この図70に示す分解経路再生ルーチン600では、選択された部品（図69に示す例では部品3）以外の部品が描画され（ステップ600\_\_7）、選択された部品が記録された分解経路に沿って移動される（ステップ600\_\_8）。ステップ600\_\_9は、そのモードに応じて設定されるステップであり、選択された部品について一旦描画したときに、その描画を消去せずに再描画を行なうモードのときは、そのステップ600\_\_9は省かれ、その選択された移動中の部品について前の描画を消去した上で再描画を行なうモードのときは、このステップ600\_\_9が挿入される。ステップ600\_\_10では、選択された部品が描画され（ステップ600\_\_10）、以上の過程が、選択された部品が分解経路の最終位置へ移動するまで繰り返され（ステップ600\_\_11）、最終位置へ達すると今回選択された部品の分解経路の再生は終了し、必要に応じて次の部品の分解経路の再生に移行する。

【0172】図71は、本実施形態における、本発明の第22の組立経路生成装置の特徴点のもう1つの態様を示す説明図である。図71に示すように、表示画面上に、移動中の部品3を含む部品1～部品5の図形が表示されており（図71（A））、さらに、これらの部品の

部品ツリーが表示されている（図71（B））。

【0173】ここで、図2に示すマウス103を操作して部品ツリーの中から部品3を分解経路表示用を選択すると、先ず、部品3を除く他の部品が、各画素毎に画素値を持つイメージとして描画され、そのイメージ図が板形状の上に貼りつけられる。選択された部品3のみはグラフィックス描画される。このようにして、選択された部品以外の部品はイメージ図を表示したままにしておき、選択された部品のみ移動に応じてグラフィックス描画を繰り返すことで、描画時間の短縮化が実現する。移動部品を変更するときは、部品ツリー上で部品が選択し直される。

【0174】図72は、図71を参照して説明した本発明の第22の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。この図72には、図68、図70に示す分解経路再生ルーチンに代えて採用される分解経路再生ルーチンが示されている。ここに示す分解経路再生ルーチンは、図70に示す分解経路再生ルーチンと同様のステップが存在するため、同様のステップについては図70と同一の符号を付して示し、ここでは、図70に示す分解経路再生ルーチンとの相違点について説明する。

【0175】ステップ600\_\_12では、選択された部品（図71に示す例では部品3）以外の部品がイメージで描画され、ステップ600\_\_13では選択された部品が三次元コンピュータグラフィックスで描画、ないし再描画される。ところで、図71では、部品ツリーを利用して分解経路を表示させる部品を選択する旨説明したが、以下のように工夫することにより、部品を表示した画面上で部品をクリックすることによっても、部品を選択し直すことができる。

【0176】図73は、イメージ図が描画された画面上で部品を選択し直すための工夫を説明するための図である。ここでは、他の部品を選択できるようにするために、イメージ図を1枚の板に貼り付けるのではなく、図73（A）に示すように、格子状に分解された多数の板全体にイメージを貼り付ける。それと同時に、各板がマウスでピックアップされたときにどの部品を選択するかを、各板の情報として保持させる。例えば、図73に示す番号で縦4、横3の板には、部品1の一部分が貼りつけられており、この板がピックアップされたときには部品1が選択されるように、この板には部品1を選択する旨の情報が添付される。同様に縦1横3の板には部品4が割り当てられる。部品3の分解経路を表示している途中あるいはそれが終了した後に、部品1の分解経路を表示するよう部品1を選択するときには、例えば、縦4横3の板をクリックすればよい。そうすると、今度は、部品1を除く他の部品がイメージで描画され、部品1のみ三次元コンピュータグラフィックスで描画される。その部品1を除く部品をイメージを描画する際は、やはり多数



枚の板の集合にそのイメージ図の全体が貼りつけられ、選択される部品の情報が各板に割り当てられる。

【0177】ここで、図73に示す状態において、例えば縦2横3の板には、部品2と部品4との複数の部品が割り当てられるが、このように1枚の板に複数の部品が割り当てられ、その板がクリックされたときは、図73(B)に示すように、そのクリックされた板に割り当てられた複数の部品の一覧を表示し、そこに表示された複数の部品の中から所望の部品を選択させるようにすればよい。あるいは1枚の板に必ず部品1つが割り当てられるように、板を細かく設定してもよい。

【0178】次に、本実施形態における、本発明の第23の組立経路生成装置の特徴について説明する。図74は、本実施形態における、本発明の第23の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。ここでは部品1～部品5からなる製品のうちの部品3が選択されているものとする。このとき、部品3は高品質なAPI（三次元コンピュータグラフィックスライブラリ）である、例えばOpenGL等で描画され、その選択されている部品3以外の部品は、画質は多少劣るものの高速描画が可能なAPI、例えばDirect3D等で描画される。

【0179】今関心のある部品は部品3であるため、部品3のみ高品質描画を行い他の部品は多少の画質低下を犠牲にして高速描画を行なうことにより、全体として高速描画が実現できる。図75は、図74を参照して説明した本発明の第23の組立経路生成装置に特徴的な構成を実現する分解経路再生ルーチンを示すフローチャートである。図70に示す分解経路再生ルーチンとの相違点について説明する。

【0180】ステップ600\_14では、選択された部品（図74の例では部品3）以外の部品が高速なAPI（Direct3D等）で描画される。一方、ステップ600\_15では、選択された部品が高品質なAPI（OpenGL等）で描画、ないし再描画される。図76は、実施形態における、本発明の第23の組立経路生成装置の特徴点のもう1つの態様の説明図である。

【0181】ここでは、部品1～部品5からなる製品のうちの部品3が選択されており、その部品3以外の部品は線画で描画され、部品3のみ、シェーディング（面を塗りつぶす描画態様）で描画されている。今関心のある部品3以外の部品を線画で描画することにより高速描画が可能となる。

【0182】図77は、図76を参照して説明した、本発明の第23の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現する分解経路再生ルーチンを示すフローチャートである。図75に示す分解経路再生ルーチンとの相違点について説明する。ステップ600\_16では選択された部品以外の部品が線画で描画され、一方ステップ600\_17では選択された部品がシェーディングで描画、ないし再描画される。

【0183】次に、本実施形態における、本発明の第24の組立経路生成装置の特徴について説明する。図78は、本実施形態における、本発明の第24の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するため分解経路再生ルーチンのフローチャートである。図70に示す分解経路再生ルーチンとの相違点について説明する。

【0184】図77に示す分解経路再生ルーチンには、図70に示す分解経路再生ルーチンと比べ、選択された部品の再描画に先立ってその選択された部品の前回の描画を消すステップ600\_9が挿入され、さらにアニメーションとして保存するステップ600\_18が付加されている。この図77に示す分解経路再生ルーチンは自動分解経路再生ルーチンの実行と並列的に実行される。

【0185】ステップ600\_18では、ステップ600\_10で再描画された部品を含む製品全体が、簡単な図形で表現されるように模式化され、イメージで保存される。ここで、保存されたイメージ図は、後で、アニメーションとして表示される。図79は、アニメーション表示のための、経路記録操作メニュー画面の例を示した図である。

【0186】この経路記録操作メニュー画面は図12に示す経路記録操作メニュー画面と同様であり、この図79に示す経路記録操作メニュー画面自体についての説明は割愛する。逆再生ボタン241や再生ボタン261を押してカーソルを移動させると、図12の説明では、カーソル211が経路警告表示の位置に達するたびにそのカーソル211の位置に対応する状態のグラフィックス画面が表示されると説明したが、これはグラフィックス描画には時間がかかるため、常には表示しないようにするという考え方であり、それに対し、ここでは、カーソル211が経路警告表示の位置にあるか否かに関わらず、図78の分解経路再生ルーチンで作成されたイメージ図がアニメーションとして再生される。

【0187】ここでは、アニメーション用のイメージ図が既に作成され保存されているために、高速表示が可能である。ただし、アニメーションのみでは、干渉しないまでも部品どうしが近づき過ぎている状態を正確には把握しにくいと、操作者の指定により例えば経路警告表示のある位置にカーソル211を動かしておいてグラフィックス描画を行ったり、マニュアル操作により分解経路の変更（図39参照）を行なうことができるように構成することが望ましい。

【0188】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、使い勝手のよい分解経路生成装置、組立経路生成装置、および機械系設計支援システムが実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】本発明の第1～第24の組立経路生成装置の各実施形態を内包した組立経路生成装置の外観図である。

【図 3】干渉演算手段の演算内容の説明のためのグラフィックス画面の一例を示す図である。

【図 4】分解経路と組立経路との関係を説明するためのグラフィックス画面の一例を示す図である。

【図 5】分解方向探索の手順を示すフローチャートである。

【図 6】微小移動量  $d$ 、移動距離  $D$ 、および最接近距離  $D_s$  の説明図である。

【図 7】自動分解経路生成設定メニュー画面の一例を示した図である。

【図 8】経路記録操作メニュー画面の一例を示した図である。

【図 9】本実施形態における、本発明の第 1 の組立経路生成装置の特徴部分の説明図である。

【図 10】図 9 に示す特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 11】図 7 に示す自動分解経路設定メニューに代えて採用される自動分解経路設定メニュー画面を示した図である。

【図 12】経路記録操作メニュー画面例を示した図である。

【図 13】グラフィックス画面の表示順序の説明図である。

【図 14】危険状態のグラフィックス画面を表示する際の表示態様を示す図である。

【図 15】本発明の第 2 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンのうちの、図 5 に示す基本的なルーチンに追加される部分のフローチャートである。

【図 16】本発明の第 3 の組立経路生成装置の特徴を説明するためのグラフィックス画面例を示す図である。

【図 17】本発明の第 3 の組立経路生成装置の特徴的な構成を示すルーチンの内の、図 5 に示す基本的なルーチンに追加される部品のフローチャートである。

【図 18】部品や製品の形状を表わすデータの基準座標系を元に分解方向の探索順序を定めた場合に生じる問題を説明するためのグラフィックス画面例を示した図である。

【図 19】本実施形態における、本発明の第 4 の組立経路生成装置の特徴点の説明のためのグラフィックス画面を示した図である。

【図 20】選択されたグラフィックス画面の一例を示す図である。

【図 21】分解方向探索の順序決定ルーチンのフローチャートである。

【図 22】選択されたグラフィックス画面の他の例を示す図である。

【図 23】図 22 のグラフィックス画面が選択された場合の分解方向探索順序決定ルーチンのフローチャートである。

【図 24】分解方向探索順序の変更操作を示す説明図で

ある。

【図 25】本発明の第 5 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンのフローチャートである。

【図 26】部品ツリー構造を示す図である。

【図 27】部品選択ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図 28】部品選択の具体例を示す図である。

【図 29】サブアセンブリの情報を有する部品ツリー構造を示す図である。

10 【図 30】部品選択ルーチンの内容を示すフローチャートである。

【図 31】部品分解順序を示す図である。

【図 32】部品ツリー構造の一例を示した図である。

【図 33】部品属性メニュー画面を示した図である。

【図 34】分解経路探索の手順を示すフローチャートである。

【図 35】自動分解経路生成が不能である旨の提示方法の説明図である。

20 【図 36】分解経路探索の手順を示すフローチャートである。

【図 37】自動分解経路生成が不能である旨の提示方法の説明図である。

【図 38】グラフィックス画面上の 1 つの部品が分解されている途中の状態を示す図である。

【図 39】図 38 に示す特徴的な構成を実現するためのルーチンを示すフローチャートである。

【図 40】本発明の第 14 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するためのルーチンを示すフローチャートである。

30 【図 41】図 40 を参照して説明した特徴の変形例を示す図である。

【図 42】本発明の第 15 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 43】本発明の第 15 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 44】本発明の第 15 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

40 【図 45】本発明の第 16 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 46】本発明の第 16 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 47】本発明の第 17 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 48】本発明の第 17 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 49】干渉しているポリゴンの寸法を縮小し位置を移動させるアルゴリズムの説明図である。

50 【図 50】分解経路探索中の部品の包絡球を示す図であ

る。

【図 5 1】本発明の第 1 7 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 5 2】3 つの部品を示した斜視図である。

【図 5 3】図 5 2 に示す 3 つの部品が組み合わされた状態を示す上面図 (A)、正面図 (B)、および側面図 (C) である。

【図 5 4】図 5 2 に示す 3 つの部品が組み合わされた状態を示す上面図 (A)、正面図 (B)、および側面図 (C) である。

【図 5 5】本発明の第 1 8 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 5 6】各部品の、分解可能、分解不可能の様子を示す図である。

【図 5 7】各部品の、分解可能、分解不可能の様子を示す図である。

【図 5 8】本発明の第 1 9 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 5 9】本発明の第 1 9 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現する自動分解経路生成設定メニュー画面の一例を示した図である。

【図 6 0】本発明の第 1 9 の組立経路生成装置の特徴点を示した部品選択ルーチンのフローチャートである。

【図 6 1】本発明の第 2 0 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 6 2】回転関節を持つ可動部品の回転量の演算アルゴリズムの説明図である。

【図 6 3】本発明の第 2 0 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 6 4】干渉連鎖自動分解ルーチンのフローチャートである。

【図 6 5】2 つの部品の干渉点どうしが一致するようにそれら 2 つの部品を移動、回転させるアルゴリズムの説明図である。

【図 6 6】干渉連鎖自動分解ルーチンのフローチャートである。

【図 6 7】本発明の第 2 1 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 6 8】本発明の第 2 1 の組立経路生成装置に特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 6 9】本発明の第 2 2 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 7 0】本発明の第 2 2 の組立経路生成装置に特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 7 1】本発明の第 2 2 の組立経路生成装置の特徴点のもう 1 つの態様を示す説明図である。

【図 7 2】本発明の第 2 2 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するルーチンを示すフローチャートである。

【図 7 3】イメージ図が描画された画面上で部品を選択し直すための工夫を説明するための図である。

【図 7 4】本発明の第 2 3 の組立経路生成装置の特徴点の説明図である。

【図 7 5】本発明の第 2 3 の組立経路生成装置に特徴的な構成を実現する分解経路再生ルーチンを示すフローチャートである。

【図 7 6】本発明の第 2 3 の組立経路生成装置の特徴点のもう 1 つの態様の説明図である。

【図 7 7】本発明の第 2 3 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現する分解経路原理ルーチンを示すフローチャートである。

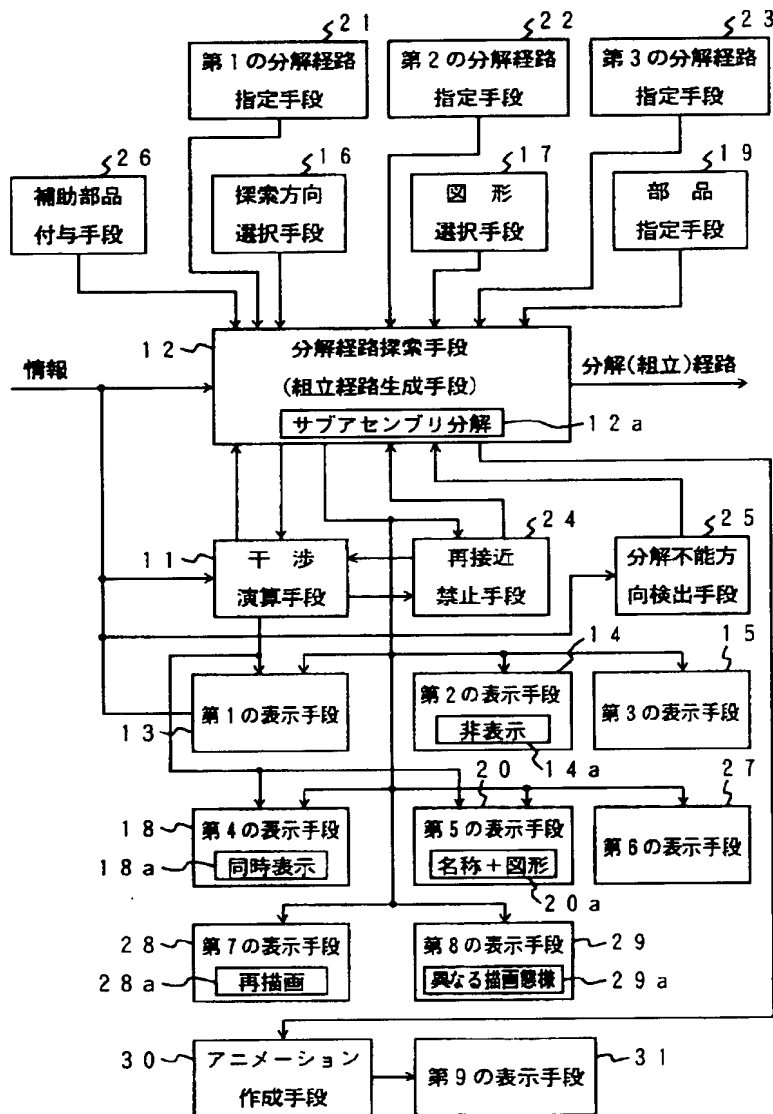
【図 7 8】本発明の第 2 4 の組立経路生成装置の特徴的な構成を実現するため分解経路再生ルーチンのフローチャートである。

【図 7 9】アニメーション表示のための、経路記録操作メニュー画面の例を示した図である。

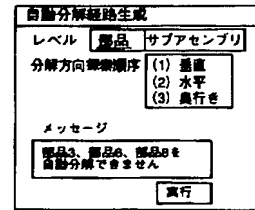
【符号の説明】

- 1 組立経路生成装置
- 1 1 干渉演算手段
- 1 2 分解経路探索手段
- 1 3 第 1 の表示手段
- 1 4 第 2 の表示手段
- 1 5 第 3 の表示手段
- 1 6 探索方向選択手段
- 1 7 図形選択手段
- 1 8 第 4 の表示手段
- 1 9 部品選択手段
- 2 0 第 5 の表示手段
- 2 1 第 1 の分解経路指定手段
- 2 2 第 2 の分解経路指定手段
- 2 3 第 3 の分解経路指定手段
- 2 4 再接近禁止手段
- 2 5 分解不能方向検出手段
- 2 6 補助部品付与手段
- 2 7 第 6 の表示手段
- 2 8 第 7 の表示手段
- 2 9 第 8 の表示手段
- 3 0 アニメーション作成手段
- 3 1 第 9 の表示手段
- 1 0 1 本体部
- 1 0 2 キーボード
- 1 0 3 マウス
- 1 0 4 C R T 表示部

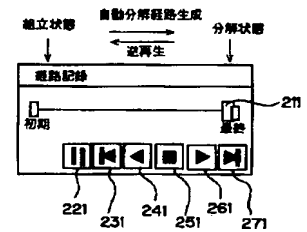
【図1】



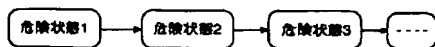
【図7】



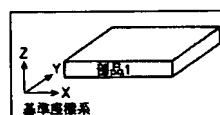
【図8】



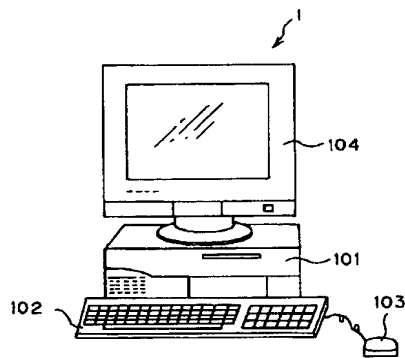
【図13】



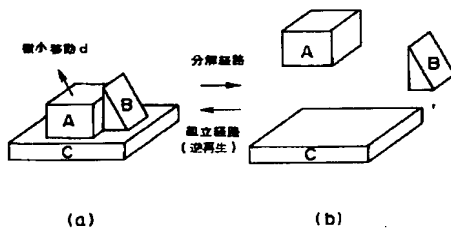
【図20】



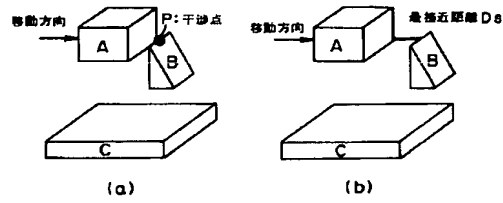
【図2】



【図4】

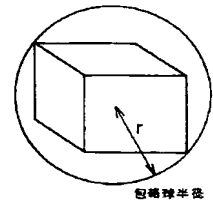
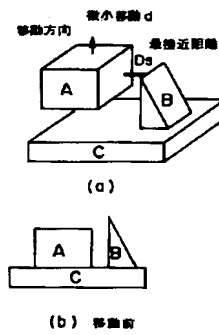


【図3】



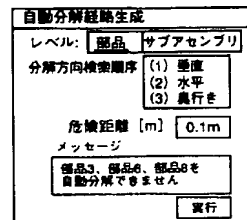
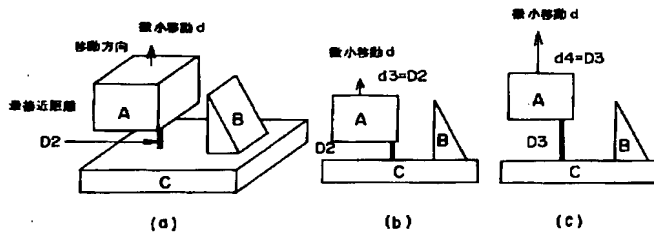
【図6】

【図50】



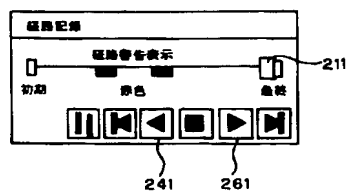
【図11】

【図9】

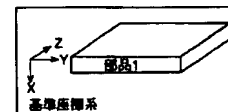
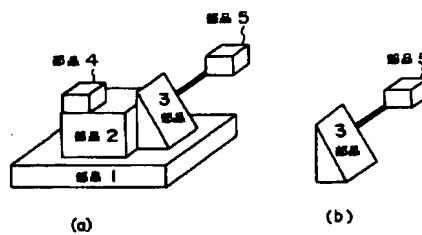


【図22】

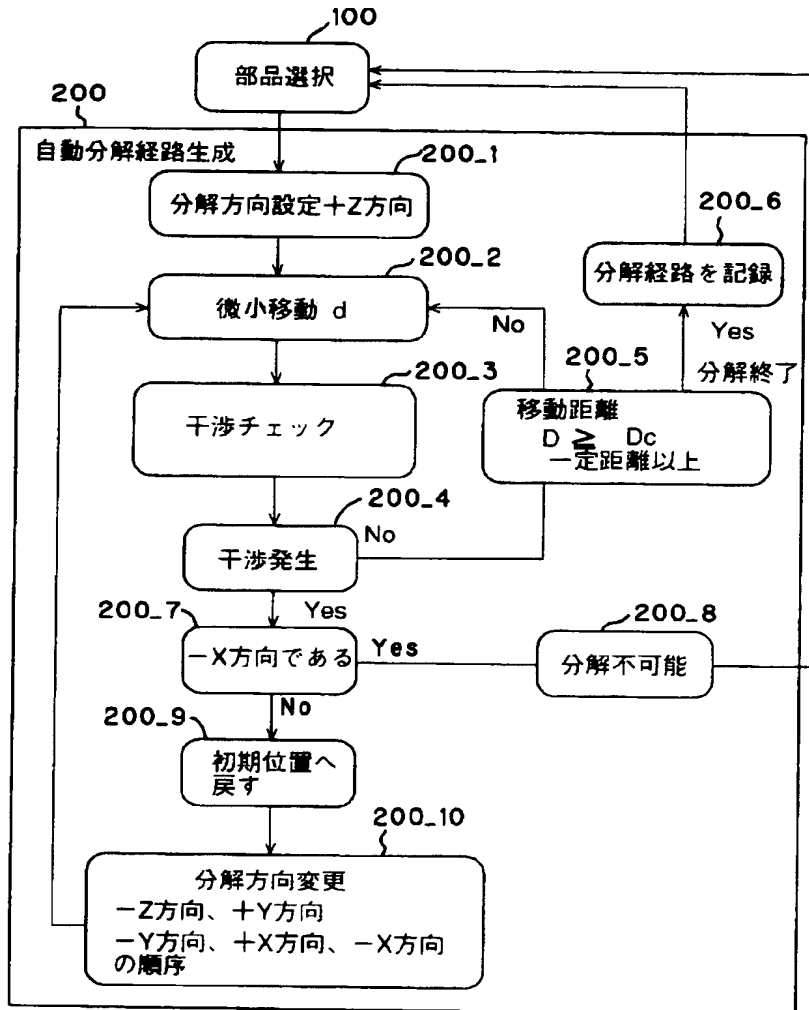
【図12】



【図14】



【図5】



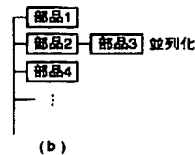
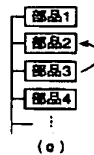
【図24】

分解方向変更順序

- (1) 垂直
- (2) 水平
- (3) 奥行き

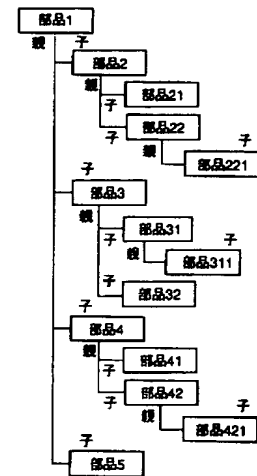


- (1) 水平
- (2) 垂直
- (3) 奥行き

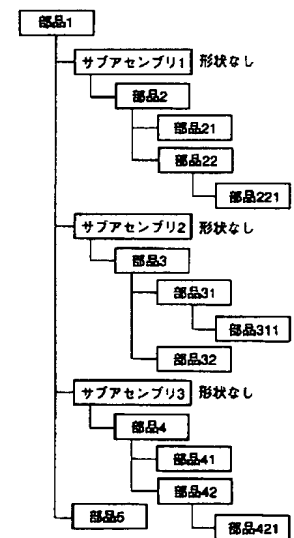


【図31】

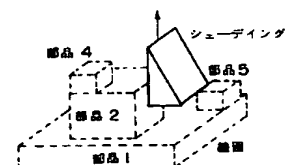
【図26】



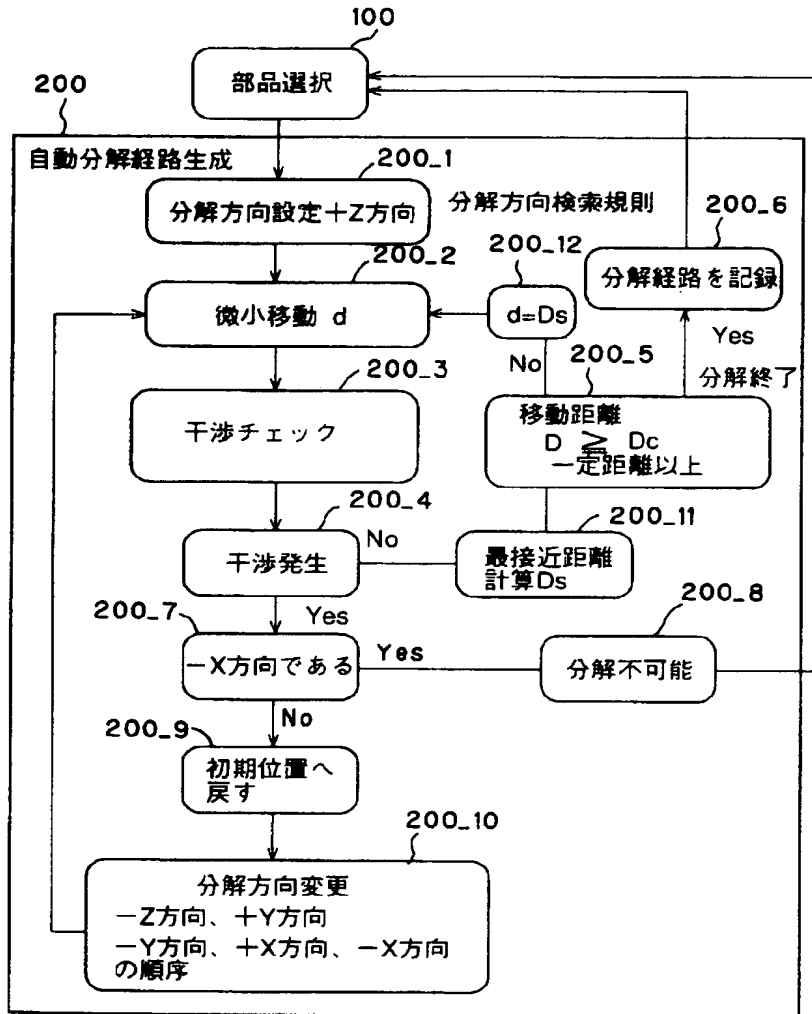
【図29】



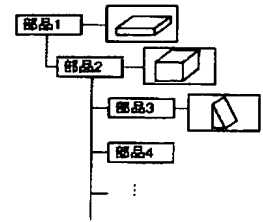
【図76】



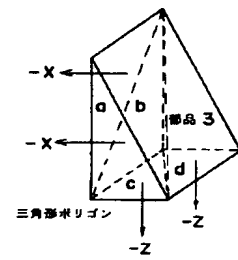
【図10】



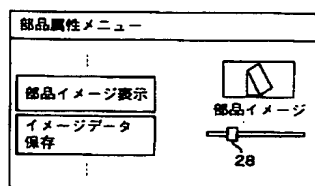
【図32】



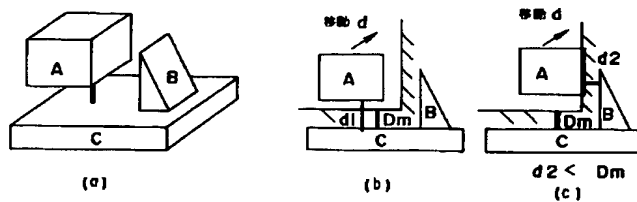
【図43】



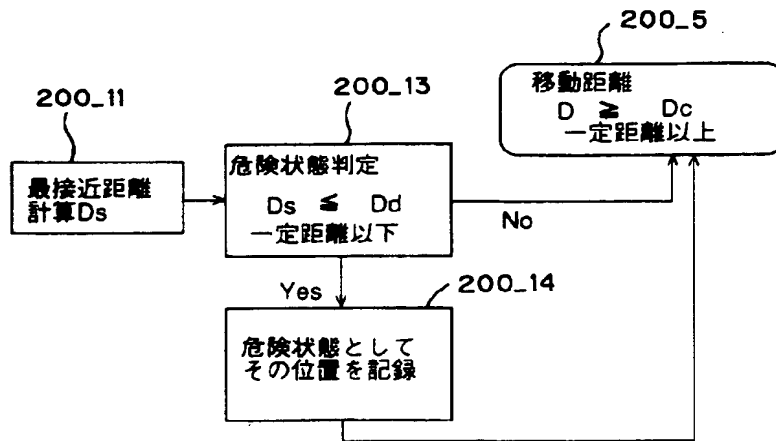
【図33】



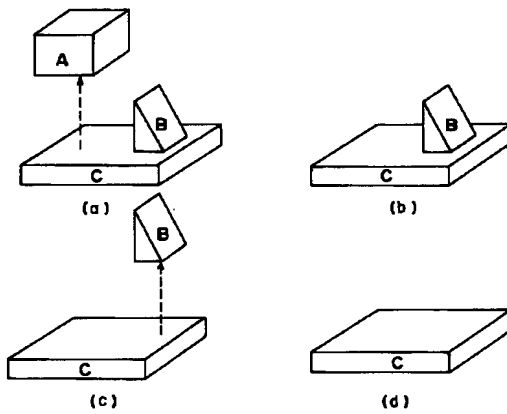
【図38】



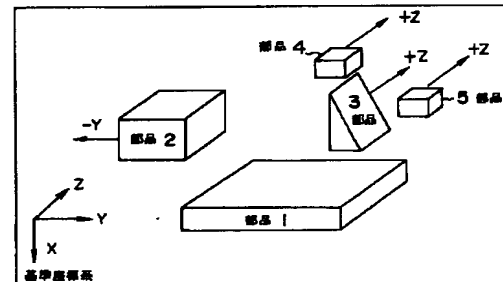
【図15】



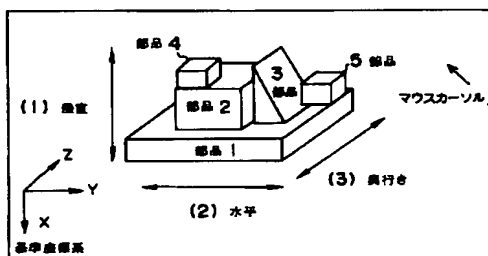
【図16】



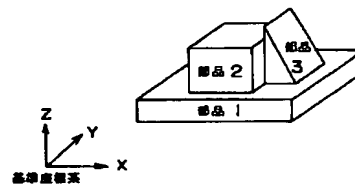
【図18】



【図19】

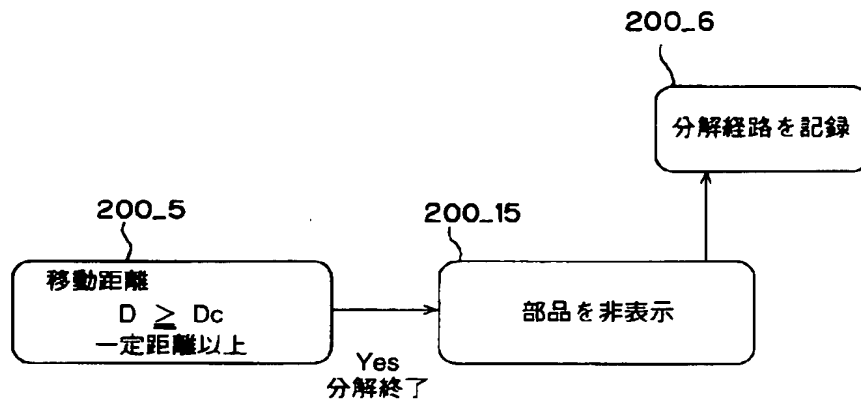


【図42】

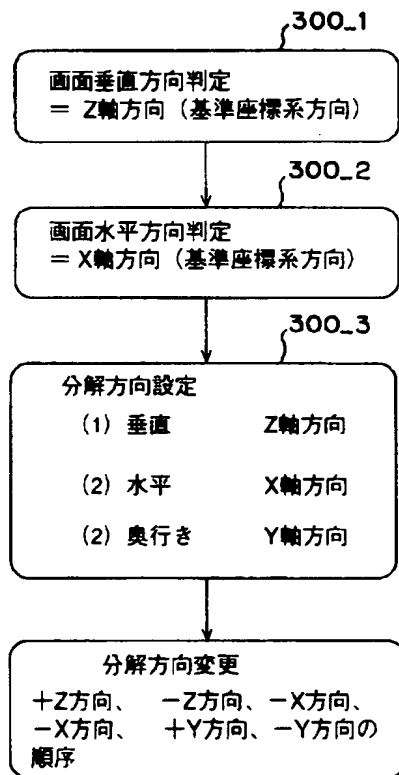




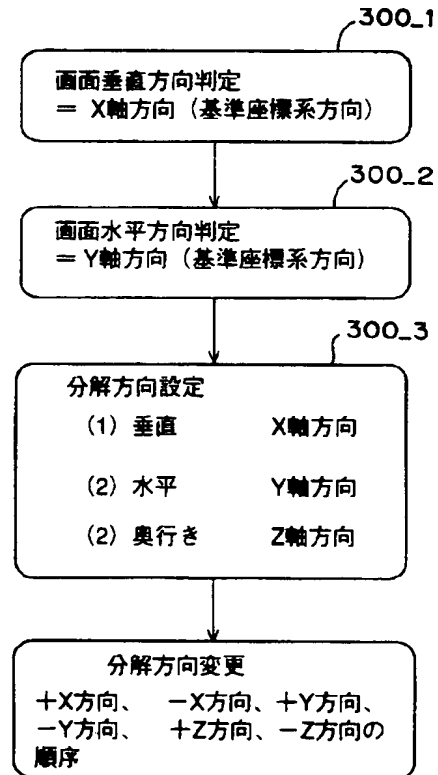
【図17】



【図21】



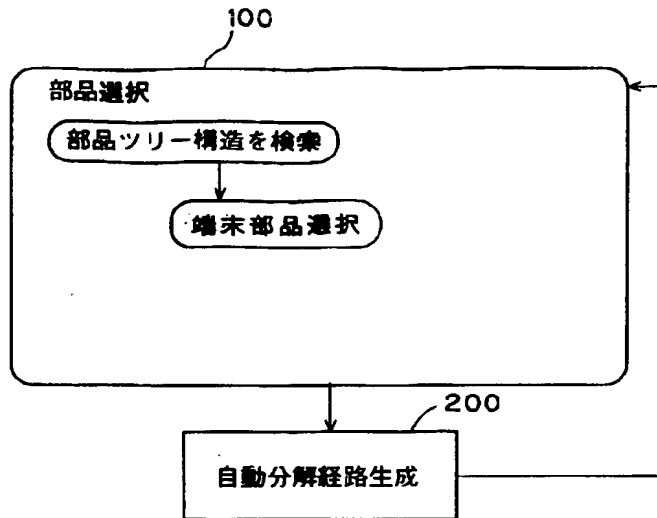
【図23】



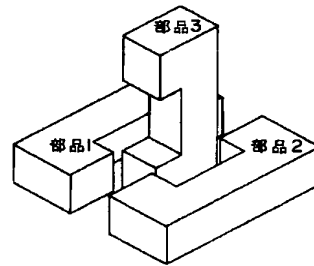
```

graph TD
    100[部品選択] --> 200[自動分解経路生成]
    200 --> 200_1[分解方向設定+Z方向]
    200_1 --> 200_2[微小移動 d]
    200_2 --> 200_3[干渉チェック]
    200_3 --> 200_7[干渉発生]
    200_7 -- Yes --> 200_16[-X方向である]
    200_7 -- No --> 200_5[最接近距離  
D ≥ Dc  
一定距離以上]
    200_16 -- Yes --> 200_8[分解不可能]
    200_16 -- No --> 200_17[縮小パラメータ  
: 0.01%  
部品形状を0.99倍]
    200_8 --> 200_6[分解経路を記録]
    200_17 --> 200_6
    200_6 --> 100
    200_5 --> 200_2
    200_17 --> 200_1
    
```

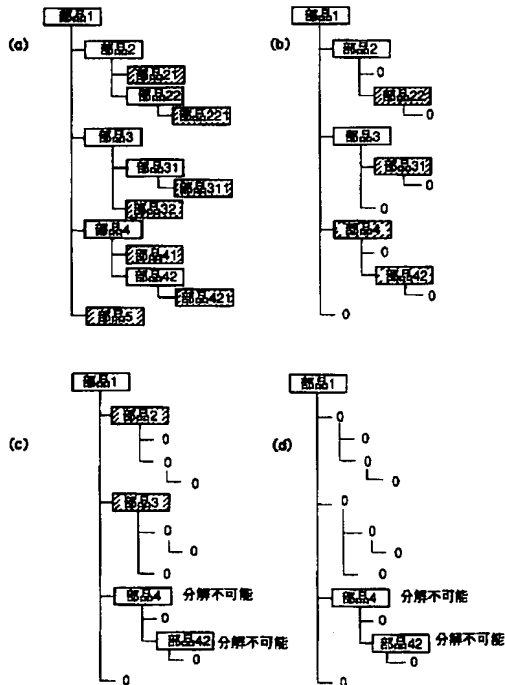
【図27】



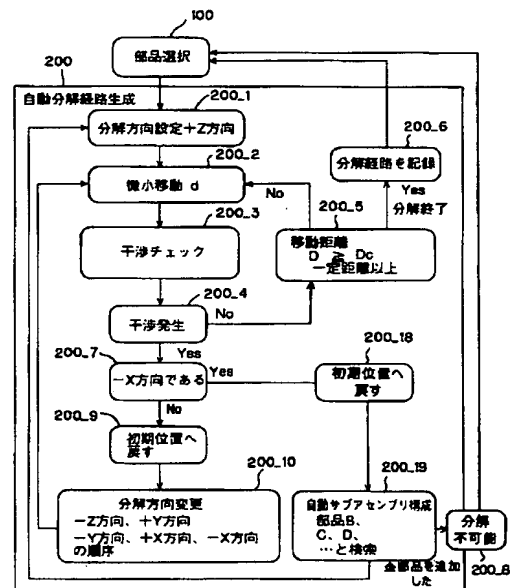
【図52】



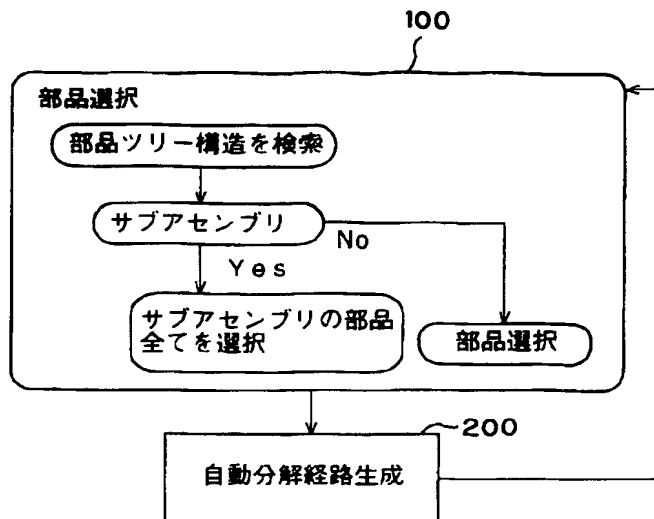
【図28】



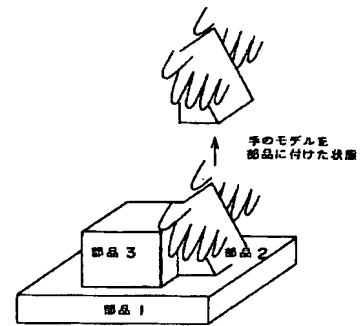
【図40】



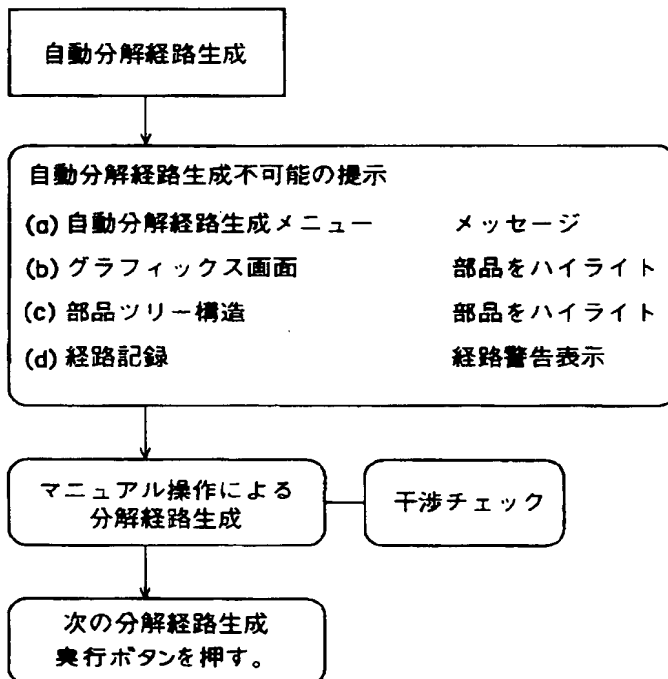
【図30】



【図58】



【図34】

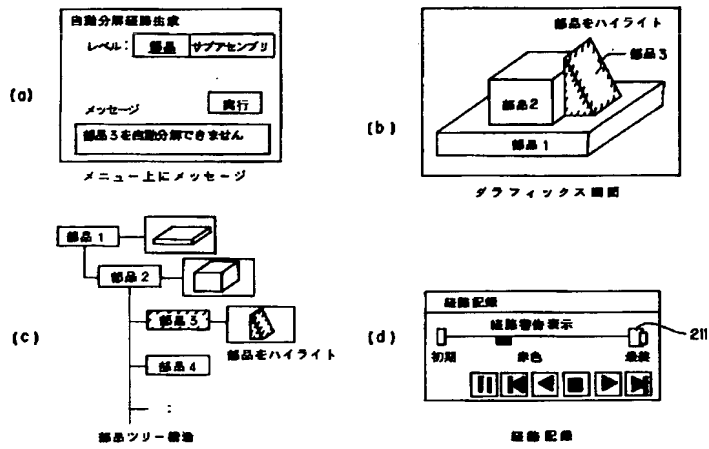


【図59】

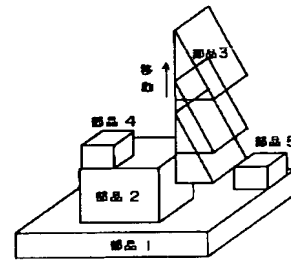
自動分解経路生成

レベル	部品	サブアセンブリ
分解方向探索順序	(1) 垂直	
	(2) 水平	
	(3) 斜行	
補助部品	(1) なし	
	(2) 手	
	(3) 工具	
	(4) 自動機	
メッセージ	<div></div>	
	<div>実行</div>	

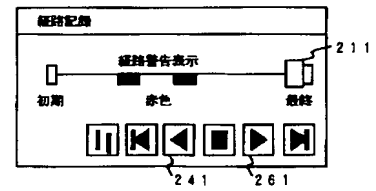
【図35】



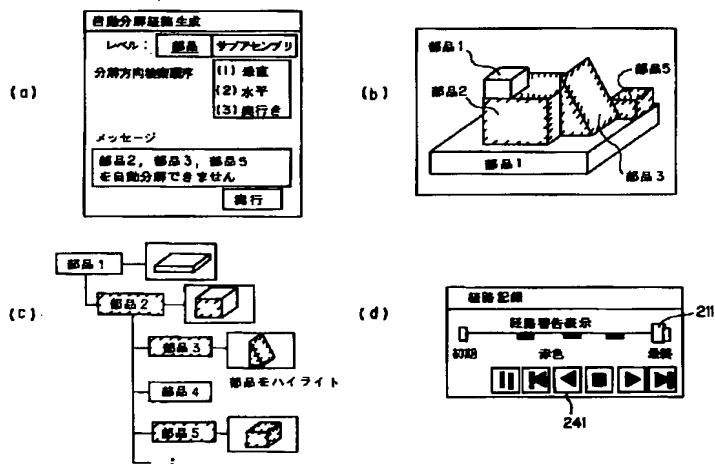
【図69】



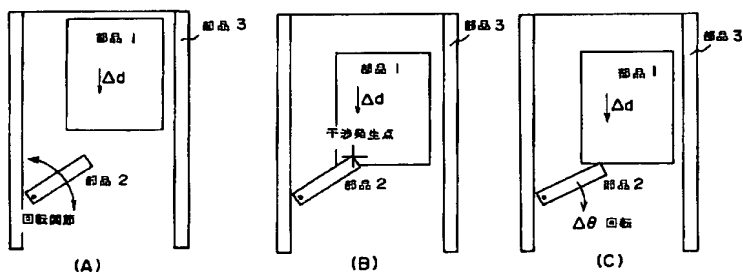
【図79】



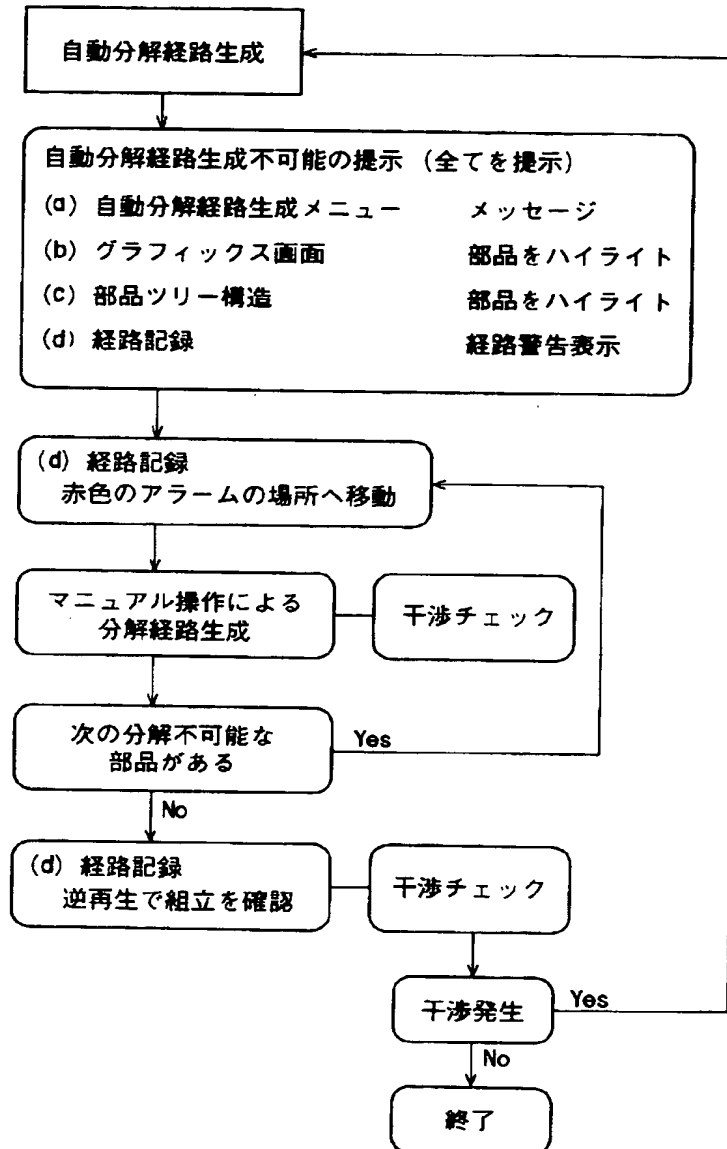
【図37】



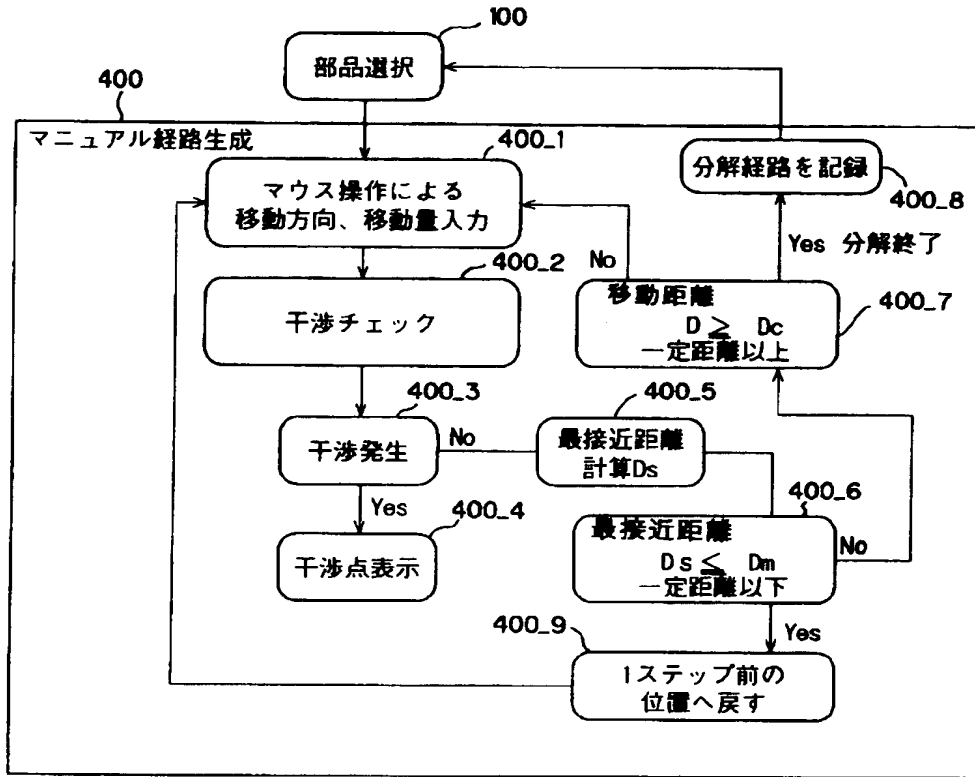
【図61】



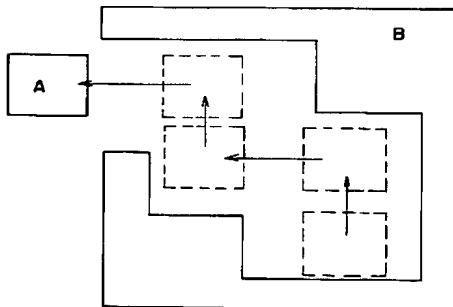
【図36】



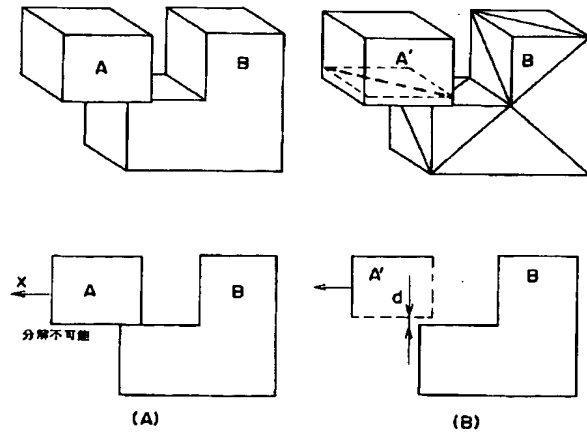
【図39】



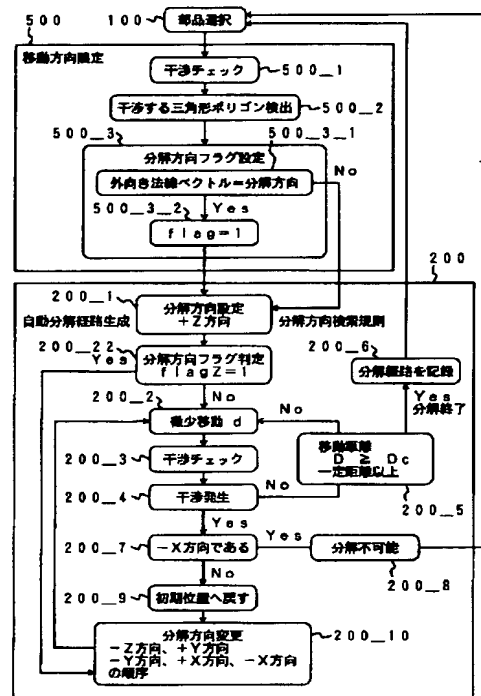
【図45】



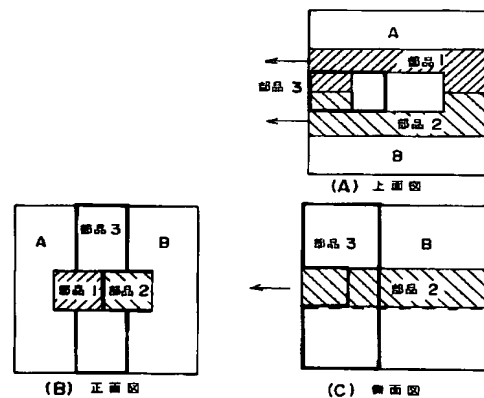
【図47】



【图4 4】



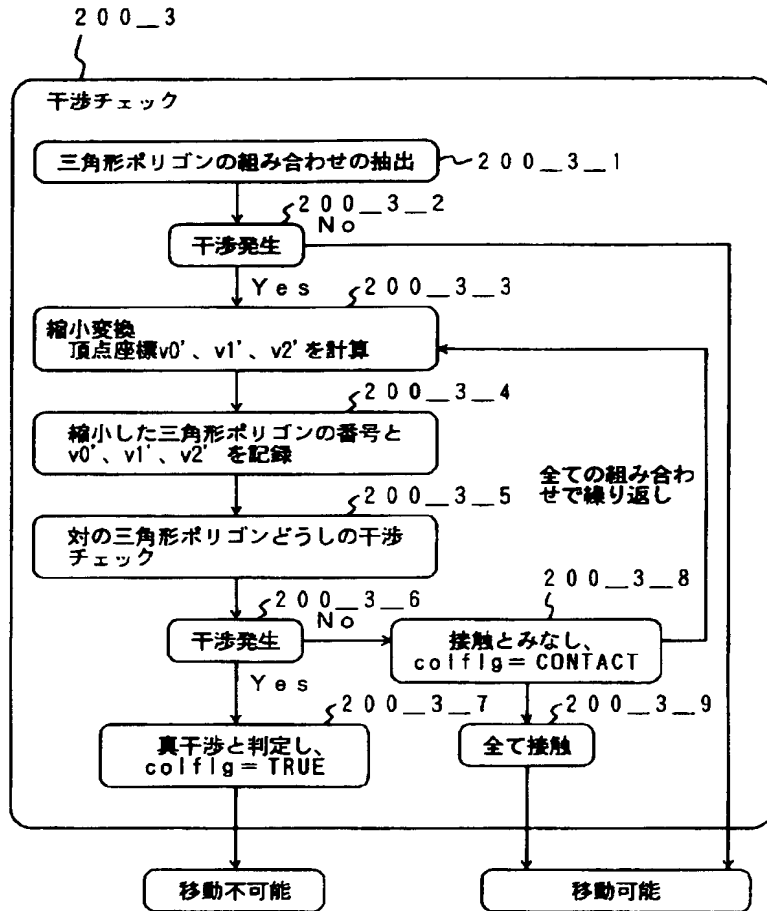
【図53】



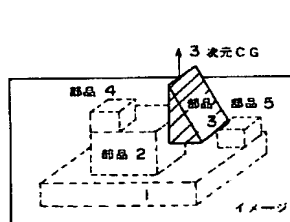




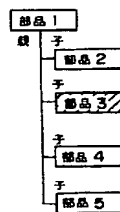
【図51】



【図71】

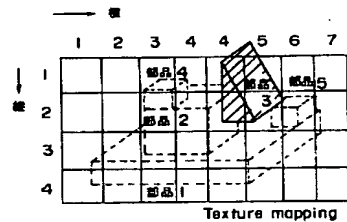


(A)



(B)

【図73】

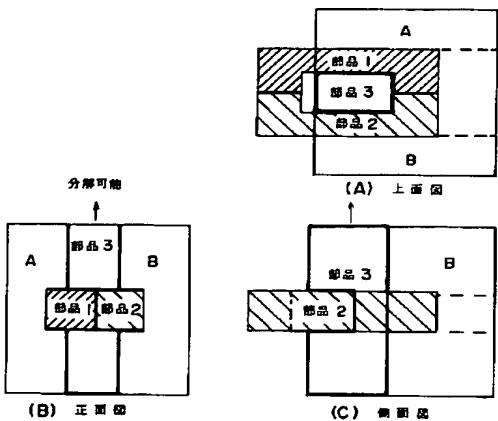


(A)

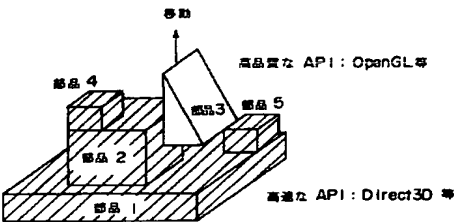


(B)

【図54】



【図74】



【図56】

	部品選択 が1回目	部品選択 が2回目	部品選択 が3回目
部品1	×	最大移動	○
部品2	×	最大移動	○
部品3	×	○	—
部品4	○	—	—
部品5	○	—	—
:	:	:	:

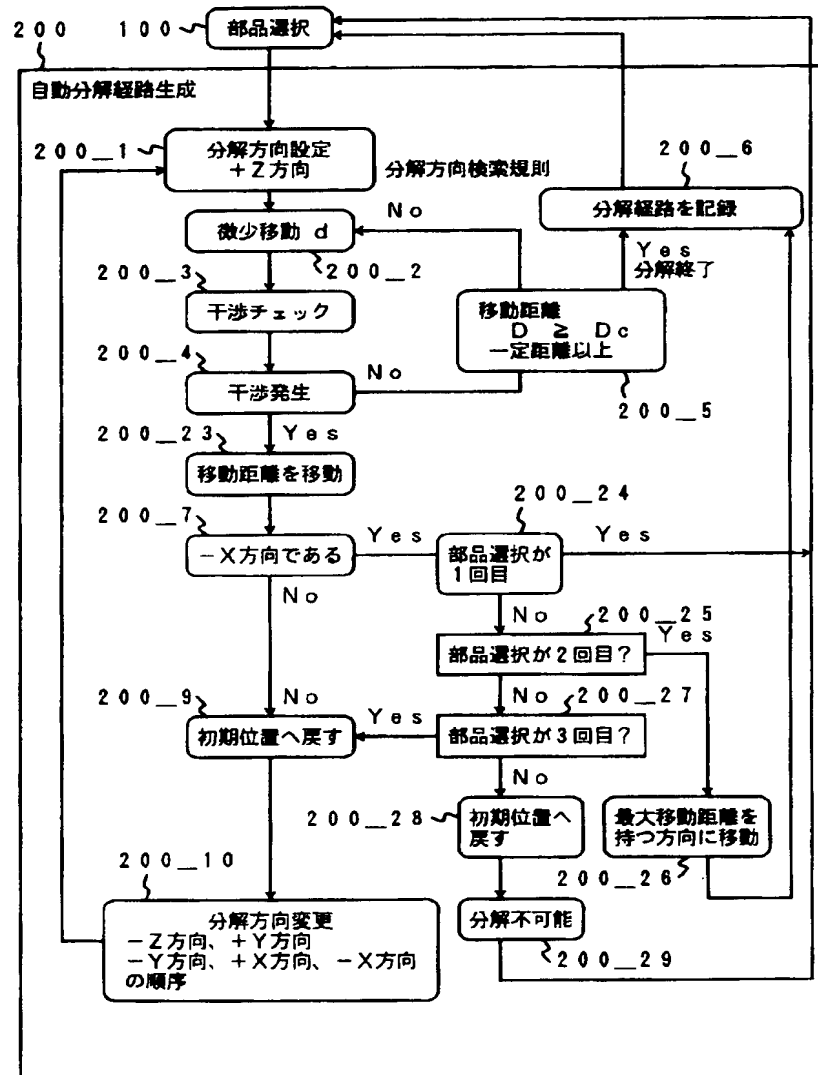
○ : 分解終了      × : 分解不可能

【図57】

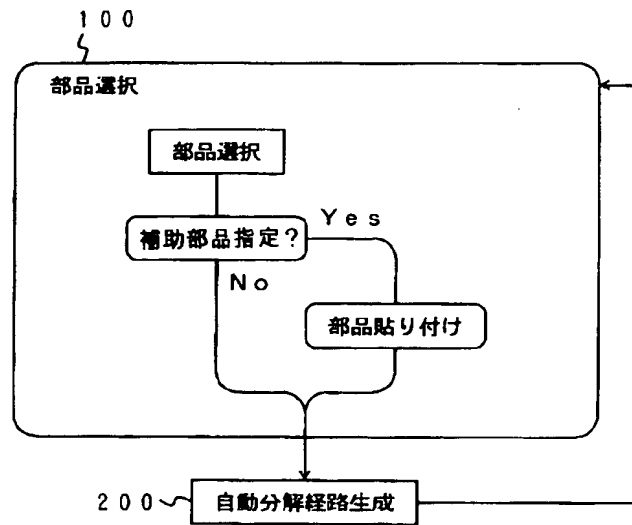
	部品選択 が1回目	部品選択 が2回目	部品選択 が3回目
部品1	×	最大移動	×
部品2	×	最大移動	×
部品3	×	○	—
部品4	×	×	×
部品5	○	—	—
:	:	:	:

○ : 分解終了      × : 分解不可能

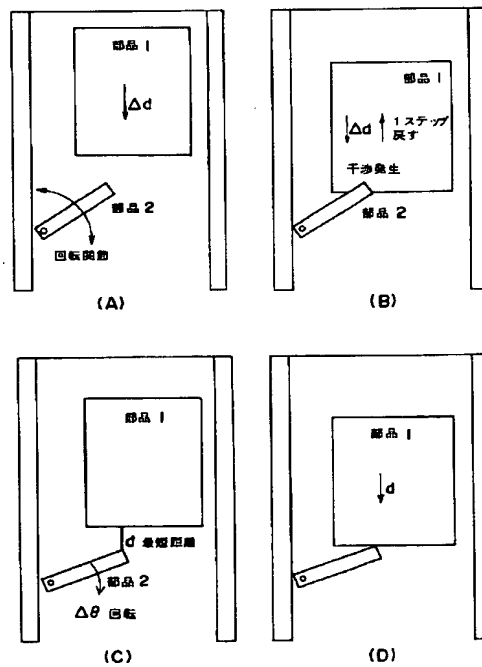
【図55】



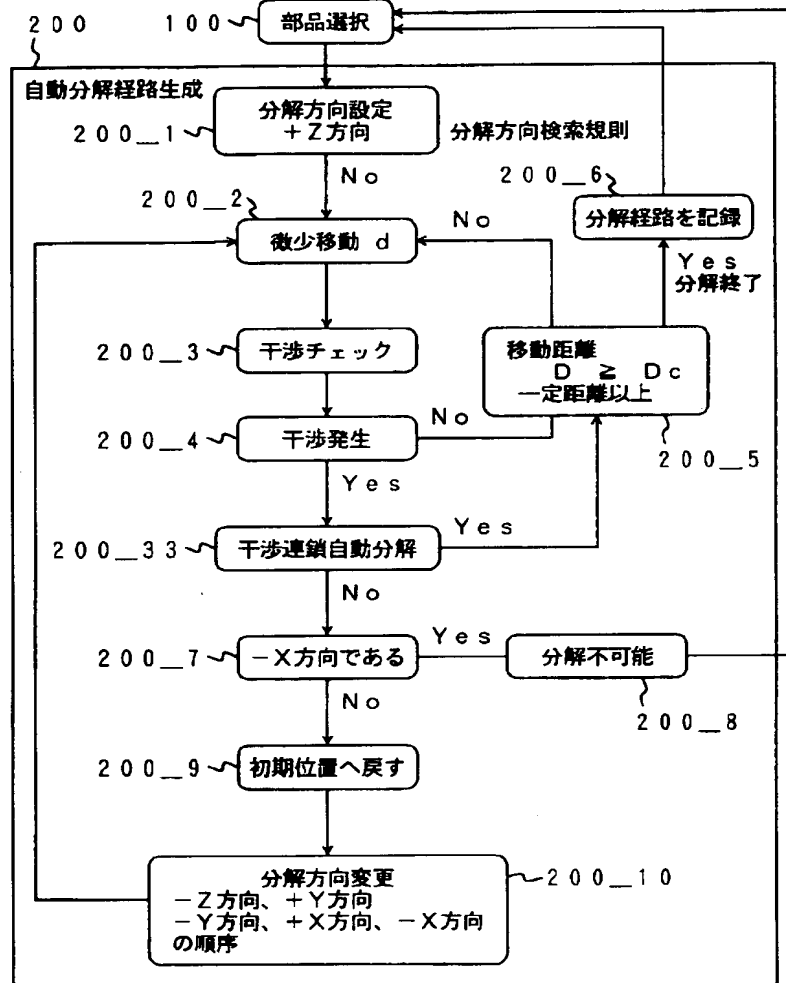
【図60】



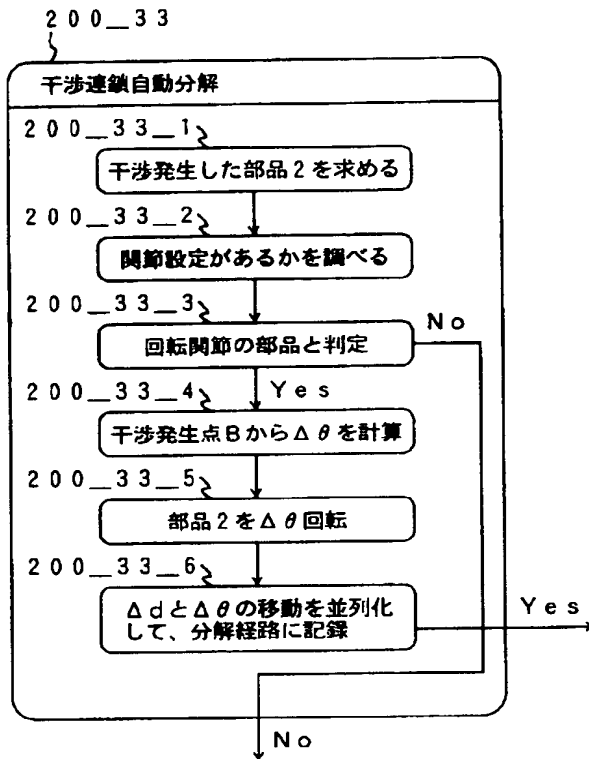
【図65】



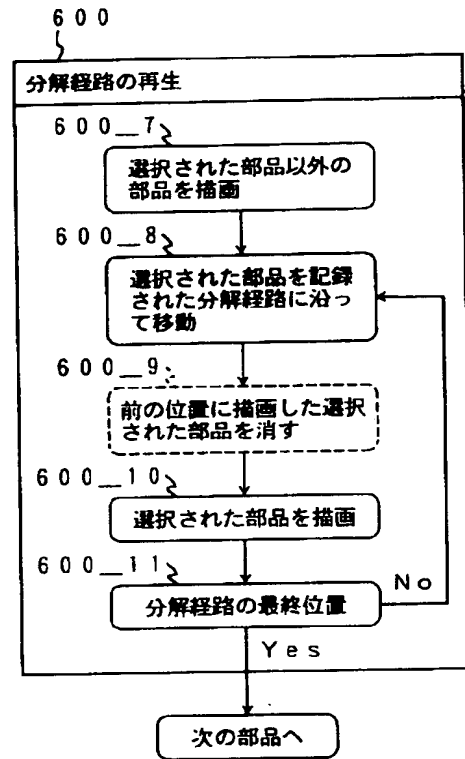
【図63】



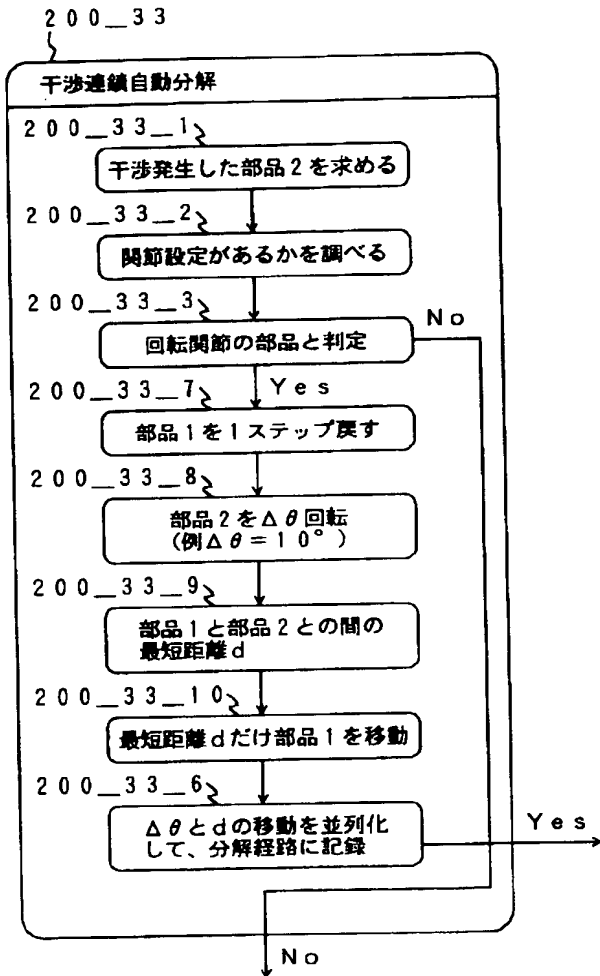
【図64】



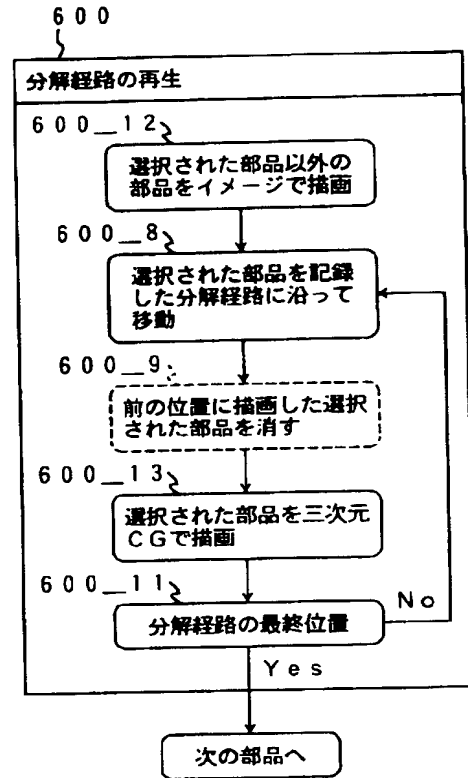
【図70】



【図66】

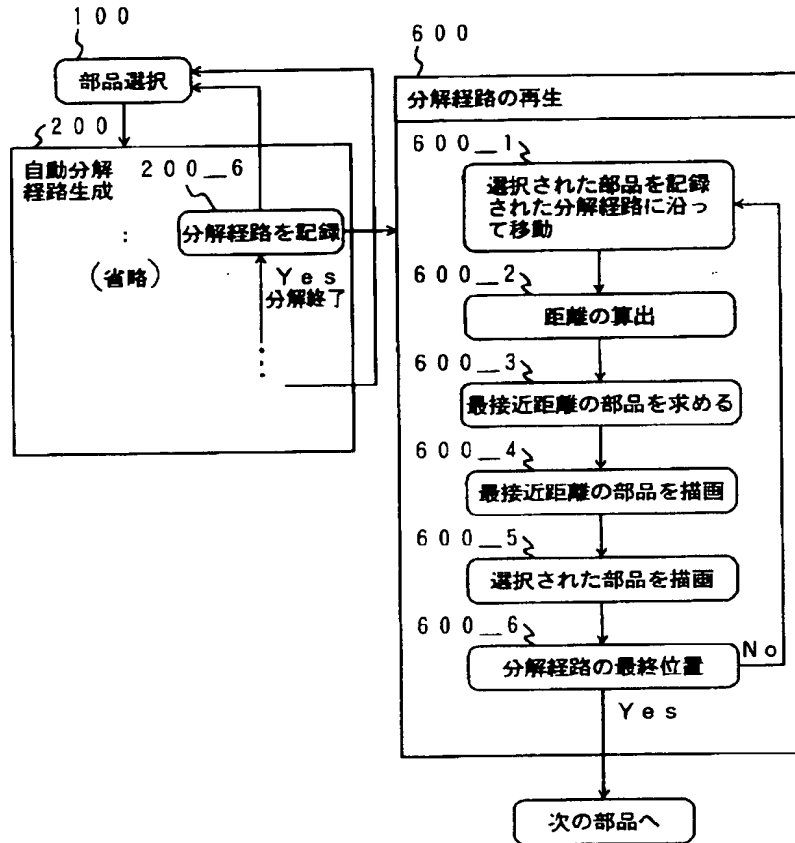


【図72】

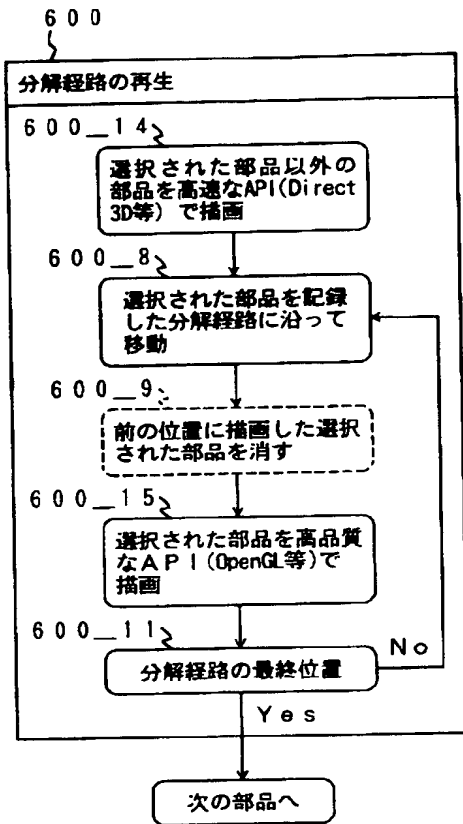




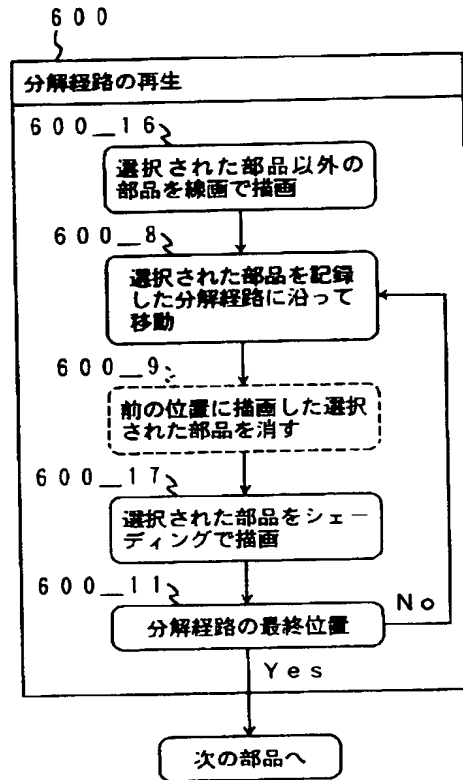
【図68】



【図75】



【図77】



【図78】

